



**ANA MARGARIDA
MARTINS NUNES**

**AS ENZIMAS NO QUOTIDIANO: CONTEXTOS DE
APRENDIZAGEM**



**ANA MARGARIDA
MARTINS NUNES**

**AS ENZIMAS NO QUOTIDIANO : CONTEXTOS DE
APRENDIZAGEM**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ensino da Geologia e Biologia, realizada sob a orientação científica da Doutora Paula Bacelar Valente da Costa Nicolau, Professora Auxiliar da Universidade Aberta e do Doutor Fernando José Mendes Gonçalves, Professor Associado com Agregação do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho à minha família pelo contínuo incentivo e incansável apoio.

o júri

presidente

Prof. Dra. Maria da Conceição Lopes Vieira dos Santos

Professora Associada c/ Agregação do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

Prof. Dra. Paula Bacelar Valente da Costa Nicolau

Professora Auxiliar do Departamento de Ciências e Tecnologia da Universidade Aberta

Prof. Dr. Fernando José Mendes Gonçalves

Professor Associado c/ Agregação do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. Ulisses Manuel Miranda Azeiteiro

Professor Associado c/ Agregação do Departamento de Ciências e Tecnologia da Universidade do Porto

agradecimentos

O presente trabalho não teria sido possível sem o contributo de várias pessoas que ao longo destes três anos foram os meus alicerces.

Gostaria de agradecer de modo particular:

- à minha orientadora Prof. Dra Paula Nicolau, pela amizade, pela disponibilidade que sempre demonstrou, pela orientação extraordinária e por me conceder a liberdade para “levantar voo”.
- ao meu orientador Prof. Fernando Gonçalves, pela simpatia, pela disponibilidade e pela forma pragmática com que me fez encarar o trabalho;
- aos meus alunos da turma 12ºA da Escola Secundária de Bombarral que participaram de forma entusiástica na realização dos trabalhos;
- aos meus pais pela forma incansável com que sempre apoiaram as minhas opções de vida, pelos imensos quilómetros que fizeram para ficarem com o Pedro e por nunca me terem deixado desistir;
- à minha irmã Rita pelo exemplo de vida, pela força e dinâmica que põe em tudo o que faz e com que encara a vida;
- ao meu cunhado Firmino pelo apoio incondicional e por ter servido de “cobaia”, juntamente com a Rita e o Fernando;
- por último o meu obrigada muito especial ao Fernando pela colaboração nas mais diversas situações e por ter estado sempre ao meu lado, e ao meu “filhotinho de pulga”, Pedro Henrique, por ter surgido no meio deste projecto profissional mas que veio dar ainda mais sentido à minha vida.

palavras-chave

Ensino das enzimas, Jogo educativo, *Role-Play*, Educação, Trabalho prático em Ciência, Ensino Secundário

resumo

O presente trabalho propõe-se divulgar um conjunto de actividades sobre o tema “Fermentação e Actividade Enzimática”, desenvolvidas na disciplina de Biologia do 12ºano de escolaridade do Curso Científico-humanístico de Ciências e Tecnologias.

Procurou-se demonstrar as vantagens da utilização do Jogo como oportunidade educativa de motivação e aprendizagem, através de actividades de *Role-play*, especialmente aplicadas ao trabalho prático de cariz experimental, no ensino das Ciências, uma área pouco explorada e pouco utilizada nas escolas portuguesas.

As actividades desenvolvidas com os alunos foram alicerçadas em quatro etapas:

“Biotecnologia: passado, presente e futuro...” – um trabalho de pesquisa inicial sobre os marcos históricos da Biotecnologia, mostrando acontecimentos importantes da ciência e tecnologia e os progressos biotecnológicos desenvolvidos a partir deles nas áreas de medicina, alimentação, agricultura, ambiente, energia e reciclagem.

“Enzimas: processos tradicionais” – uma actividade laboratorial, com recurso a V de Gowin, sobre um processo tradicional de produção de queijo, que permitiu aos alunos desenvolver algumas competências procedimentais de trabalho laboratorial.

“Papel das enzimas em alimentos do dia-a-dia” – uma actividade de *Role-play* sobre a importância das enzimas em alimentos e produtos alimentares que usamos diariamente. Os alunos foram divididos em grupos de trabalho, simulando equipas de investigação empresarial às quais foram colocadas duas questões-problema diferentes. Os alunos conduziram todas as fases da investigação, desde a preparação e desenvolvimento das actividades experimentais até à apresentação das conclusões em debate.

Jogo das enzimas - um jogo de tabuleiro onde os jogadores são confrontados com vários factores envolvidos na produção comercial de enzimas e suas aplicações.

Os resultados obtidos sugerem que esta proposta metodológica inovadora, que pode ser usada em interdisciplinaridade, contribuiu para o desenvolvimento de competências a vários níveis, conceptual, procedimental e atitudinal. Além disso, permitiram motivar os alunos para a aprendizagem das Ciências, centrando-os no desenvolvimento do trabalho prático e ajudando-os a desenvolver uma maior autonomia no trabalho laboratorial.

Embora o balanço final seja muito positivo, o reduzido número de alunos envolvidos condicionam quaisquer generalizações que dele se possam fazer mas os resultados obtidos fornecem informação válida para um eventual estudo futuro.

keywords

Enzyme teaching, Educational game, *Role-play*, Education, Practical science activities, High school

abstract

The work here described has the purpose to publish some activities about “Fermentation and Enzyme’s activity”, developed for Biology, a subject of the 12th grade on Science and Technology Course, on High School.

The study focused on the influence of the game – in the larger meaning – and *Role-play* as educational opportunities of learning through motivation, especially when applied to practical laboratorial work, an area of little research work in Portuguese schools.

The activities developed with students were grounded in four steps:

- “Biotechnology: past, present and future...” – an initial research work about the historical landmarks of Biotechnology, showing important discoveries of science and technology and the biotechnological progress developed upon them in several areas such as medicine, food, agriculture, environment, energy and recycling.
- “Enzymes in traditional process” – a laboratorial activity about traditional cheese making, using the Vee Gowin, where students developed some skills on science lab work.
- “Role of food enzymes in everyday life” – a *Role-Play* activity about the importance of enzymes in food and other product we use daily. Students were divided in groups, simulating business investigation working groups and were given two different problems to solve. This activity was an “inquiry-based” practical activity in witch students were involved and led all investigations steps and debate.
- “The Enzyme game” – a board game for four players that explores the production and use of commercial enzymes.

The results obtained suggest that this new approach, that can be used in interdisciplinary, has contributed to the development of conceptual, procedimental and atitudinal competencies. Moreover have motivated students to practical science work and helped them to be more autonomous during lab work.

Although the final balance is very positive, the small number of students involved doesn’t allow generalisations but can provide valid information for future studies.

ÍNDICE GERAL

	Página
Índice	i
Lista de figuras	iii
Lista de tabelas	v
Lista de quadros	vi
Lista de anotações	vi
 Capítulo I: Contextualização e Apresentação do Estudo	 1
1.1. Introdução	3
1.2. Objectivos do estudo	8
1.3. Relevância do estudo	9
1.4. Limitações do estudo	10
1.5. Plano geral da dissertação	10
 Capítulo II: Fundamentação teórica	 13
2.1. A Educação em Ciências	15
2.1.1. Educação em Ciência de cariz CTSA (Ciência – Tecnologia – Sociedade - Ambiente)	18
2.1.2. Os trabalhos práticos em Ciências	21
2.1.3. A avaliação e o Ensino das Ciências	24
2.2. O jogo como oportunidade educativa	31
2.2.1. O <i>Role-Play</i> no Ensino das Ciências	33
2.3. O ensino da temática das Enzimas	36
2.3.1. Enzimas – conceito e perspectiva histórica	36
2.3.2. Importância biológica das enzimas	39
2.3.3. Aplicações biotecnológicas das enzimas	40
2.3.4. A temática associada às enzimas no Ensino Básico e Secundário	45
 Capítulo III: Metodologia	 53
3.1. Enquadramento Metodológico	55
3.2. Análise dos manuais escolares portugueses do 3ºCiclo e Secundário	55
3.3. Caracterização da escola, do meio onde se insere e da amostra dos alunos	56
3.4. Abordagem pedagógica ao tema “Fermentação e actividade enzimática” no 12ºano de escolaridade	58
3.4.1. Proposta de planificação de actividades	58
3.4.2. Actividades desenvolvidas	62

3.4.2.1. Actividade de pesquisa bibliográfica	62
3.4.2.2. Actividade laboratorial: Enzimas – processos tradicionais	64
3.4.2.3. Actividade de “ <i>Role-Play</i> ”: Papel das enzimas em alimentos do dia-a-dia	69
3.4.2.4. Jogo das enzimas	76
Capítulo IV: Apresentação e Discussão dos Resultados	81
4.1. Análise dos manuais escolares portugueses do 3ºCiclo do Ensino Básico e Secundário	83
4.2. Análise dos Relatórios e outros documentos elaborados pelos alunos	88
4.2.1. Actividade de pesquisa bibliográfica	89
4.2.2. Actividade laboratorial: Enzimas – processos tradicionais	92
4.2.3. Actividade de “ <i>Role-Play</i> ”: Papel das enzimas em alimentos do dia-a-dia ...	96
4.2.4. Jogo das Enzimas	113
4.3. Análise dos resultados na avaliação sumativa	115
4.4. Análise dos resultados na auto-avaliação de competências no trabalho laboratorial	118
Capítulo V: Conclusões e Sugestões	127
5.1. Conclusões do estudo	129
5.2. Sugestões para futuras investigações	131
Referências Bibliográficas	133
Anexos	I
Anexo 1: Materiais didácticos	III
Anexo 2: Fichas e Grelhas de avaliação	LXV
Anexo 3: Dados estatísticos e outras informações complementares	XCIX

Lista de figuras

	Página
Figura 1: Competências chave a desenvolver no Ensino Secundário (adaptado de NCCA, 2010)	5
Figura 2 - V de Gowin mostrando os domínios conceptual e metodológico (Adaptado de Cachapuz <i>et al.</i> , 2000)	29
Figura 3: V de Gowin elaborado pela autora para a actividade laboratorial	65
Figura 4: Alguns alunos, durante a realização da parte experimental da actividade de <i>Role-play</i> no dia 12/05/2008	98
Figura 5: Montagem experimental elaborada por um dos grupos relativamente à situação-problema B, na actividade de <i>role-play</i> , no dia 12/05/2008	98
Figura 6: V de Gowin elaborado pelo grupo 1 (situação-problema A)	101
Figura 7: V de Gowin elaborado pelo grupo 2 (situação-problema A)	102
Figura 8: V de Gowin elaborado pelo grupo 4 (situação-problema B)	103
Figura 9: Registo de observações elaborado pelo grupo 3 (situação-problema B) em que se pode observar a escala de escurecimento criada pelos alunos	106
Figura 10: Carta elaborada pelo grupo 1, incluída no relatório apresentado	110
Figura 11: Carta elaborada pelo grupo 2, incluída no relatório apresentado	111
Figura 12: Um dos grupos, durante o Jogo (07/05/2008)	113
Figura 13: Somatório das respostas assinaladas pela totalidade dos alunos da turma à questão “Capacidade de formulação de problemas e elaboração de previsões” (N – Nunca; R – Raramente; AV – Algumas vezes; F – Frequentemente; S – Sempre; NR – Não responde)	119
Figura 14: Somatório das respostas assinaladas pela totalidade dos alunos da turma à questão “Realização de pesquisas diversas” (N – Nunca; R – Raramente; AV – Algumas vezes; F – Frequentemente; S – Sempre; NR – Não responde)	120
Figura 15: Somatório das respostas assinaladas pela totalidade dos alunos da turma à questão “Construção e execução de procedimentos” (N – Nunca; R – Raramente; AV – Algumas vezes; F – Frequentemente; S – Sempre; NR – Não responde)	121

Lista de figuras (continuação)

- Figura 16:** Somatório das respostas assinaladas pela totalidade dos alunos da turma à questão “Recolha, análise e interpretação de dados” (N – Nunca; R – Raramente; AV – Algumas vezes; F – Frequentemente; S – Sempre; NR – Não responde) 122
- Figura 17:** Somatório das respostas assinaladas pela totalidade dos alunos da turma à questão “Elaboração de relatório final em formato de V de Gowin” (N – Nunca; R – Raramente; AV – Algumas vezes; F – Frequentemente; S – Sempre; NR – Não responde) 123
- Figura 18:** Somatório das respostas assinaladas pela totalidade dos alunos da turma à questão “Discussão do trabalho desenvolvido” (N – Nunca; R – Raramente; AV – Algumas vezes; F – Frequentemente; S – Sempre; NR – Não responde) 124
- Figura 19:** Somatório das respostas assinaladas pela totalidade dos alunos da turma à questão “Atitude face ao trabalho prático em laboratório” (N – Nunca; R – Raramente; AV – Algumas vezes; F – Frequentemente; S – Sempre; NR – Não responde) 124
- Figura 20:** Somatório das respostas assinaladas pela totalidade dos alunos da turma à questão “Auto-reflexão e auto-avaliação do trabalho desenvolvido” (N – Nunca; R – Raramente; AV – Algumas vezes; F – Frequentemente; S – Sempre; NR – Não responde) 125

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 1: Comparação entre a prática tradicional e a prática recomendada no ensino da ciência (Adaptado de <i>Science for All Students: The Florida Pre K-12 Science Curriculum Framework</i> (1995))	6
Tabela 2: Tipologia das actividades laboratoriais (Adaptado de Leite & Figueiroa, 2004 <i>in</i> Vieira, 2006)	22
Tabela 3: Evoluções previsíveis da avaliação no ensino da ciência (Adaptado de Doran, <i>et al.</i> , 1995 <i>in</i> Blaird, 1995)	25
Tabela 4: Técnicas e instrumentos de avaliação para as actividades laboratoriais de acordo com diferentes autores (adaptado de Leite, 2000 <i>in</i> Vieira, 2006)	27
Tabela 5: Definições relacionadas com o “Role-play” (Adaptado de McSharry e Jones, 2000)	33
Tabela 6: Enzimas utilizadas na indústria alimentar (Adaptado de Macedo <i>et al.</i> , 2003 <i>in</i> Lima e Mota, 2003)	44
Tabela 7: Abordagem pedagógica do estudo das enzimas no Ensino Secundário	46
Tabela 8: Planificação geral das actividades propostas	61
Tabela 9: Resumo das actividades sobre enzimas dos manuais escolares de Ciências Naturais do 9ºano de escolaridade	83
Tabela 10: Resumo das actividades laboratoriais/ experimentais sobre enzimas dos manuais escolares do ensino secundário	85
Tabela 11: Compilação do trabalho de pesquisa efectuado pelos alunos, em grupos (28 de Março de 2008)	90
Tabela 12: Resultados da avaliação sumativa (n=16)	116
Tabela 13: Resultados da avaliação dos alunos da amostra, sobre várias temáticas, em dois momentos de avaliação, durante o biénio 2006/2008	117

Lista de Quadros

	Página
Quadro 1: Fundamentação teórica sobre a actividade laboratorial de produção de queijo fresco (e.g. Macedo <i>et al.</i> ,2003; ENEC, 2007)	67
Quadro 2: Apresentação da questão-problema A	71
Quadro 3: Apresentação da questão-problema B	73
Quadro 4: Fundamentação teórica sobre a actividade de <i>Role-Play</i> (McBroom e Oliver-Hoyo 2007)	74
Quadro 5: Fundamentação teórica sobre o Jogo das Enzimas (EIBE, 2000)	78

Lista de anotações

™ – “Trade Mark”

® - “Registered”

Capítulo I:

Contextualização e

Apresentação do Estudo

1.1. Introdução

“Olhem para uma aula de ciência do ano de 2005. Em vez de carteiras dispostas em linhas e colunas, verão alunos sentados em círculo enquanto discutem em turma ou em pequenos grupos organizados por tópicos. Existirão computadores equipados com modems para ligar a sala de aula à Internet. Serão usadas gravações para ver sequências lineares e aleatórias. Animais vivos, modelos, simulações e colecções de trabalhos dos alunos farão parte do cenário. Uma política de porta aberta convidará visitantes a juntar-se para observação ou participação. O currículo será enriquecido com o uso de recursos externos como museus, centros naturais, parques regionais e nacionais (...). Haverá menos toques de campainha para regular o dia.

Os livros de textos serão usados como fontes de referência, mas não a única ou sequer a principal. O acesso a informação armazenada electronicamente será fácil. Os discos compactos e as bases de dados remotas, disponíveis na Internet, proporcionarão aos alunos e aos professores dados actuais sobre sistemas globais e locais. A avaliação será de percurso e construída em discussões em pequenos grupos. Durante um período de semanas, toda a turma tratará de temas como matéria e energia, força e movimento, padrões e mudanças. Será dada maior ênfase a acontecimentos correntes, com a utilização de emissões televisivas para apoiar as discussões em aula.

Os alunos terminarão o dia escolar a horas diferentes e menos agitados que no passado. O trabalho de projecto, a cooperação de equipa, os níveis mais elevados de investigação e o estímulo da tecnologia interactiva irão aumentar a motivação dos alunos para aplicar a ciência no seu mundo cognitivo (...).”

Bill Blaird in “A aula de Ciências do ensino secundário do futuro” (1995)

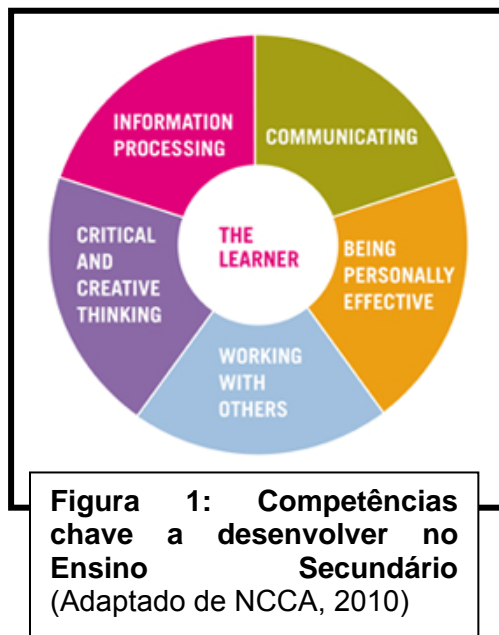
Cinco anos após a “aula de ciências do ano de 2005” não podemos ainda afirmar que o “futuro” se tenha tornado presente mas que está ainda no domínio dos sonhos. E isto, não apenas pela impossibilidade de, até ao mesmo, se equiparem tecnológica e materialmente todas as salas de ciências das escolas do país mas, e sobretudo, pela ainda incapacidade dos professores mudarem métodos de ensino-aprendizagem e dos alunos se sentirem co-construtores do seu próprio conhecimento.

Blaird (1995) e muitos outros professores e investigadores que integraram grupos de discussão sobre ciência na Internet, da *National Association for Research in Science Teaching* e da *Association for the Education of Teachers in Science* (citadas em Blaird, 1995) perceberam a necessidade de se repensar o

ensino e de definir as competências necessárias para ajudar os jovens do século XXI a serem cidadãos activos e participativos.

Em 1997, a *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) iniciou o Projecto *Defining and Selecting Key Competences* (DeSeCo) tendo como finalidades a criação de um grupo de trabalho para a identificação das competências chave, o desenvolvimento de formas de medição internacionais dos níveis de competência dos jovens estudantes e adultos e construção de uma base de trabalho para políticas educativas comuns, tendo em conta os novos desafios da globalização económica e cultural. Deste projecto, liderado pela Suíça e que incluiu 12 países (Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Holanda, Nova Zelândia, Noruega, Suécia, Suíça e Estados Unidos da América), surgiu o *Programme for International Student Assessment* (PISA), um estudo internacional sobre os conhecimentos e as competências dos alunos de 15 anos avaliando o modo como estes alunos, que se encontram perto de completar ou que já completaram a escolaridade obrigatória, adquiriram alguns dos conhecimentos e das competências essenciais para a participação activa na sociedade (OECD, 1999), tornando-se um desafio para as escolas se adaptarem cada vez mais à vida moderna.

Capacidade de pensar crítica e criativamente, inovar e adaptar-se à mudança, saber trabalhar de forma autónoma e em equipa e aprender de forma reflexiva, são pré-requisitos indispensáveis para a vida e o mundo do trabalho do século XXI (NCCA, 2010). A Irlanda, através do *National Council for Curriculum and Assessment* (NCCA) está actualmente em fase de revisão do seu ensino secundário. De acordo com as orientações internacionais, influenciadas pela Estratégia de Lisboa e pelos resultados do Projecto DeSeCo da OECD, apresentam 5 competências chave para o processo de ensino-aprendizagem no ensino secundário, não obrigatório, para os jovens irlandeses entre os 15 e os 18 anos: processar informação, comunicar, ser eficiente, trabalhar em equipa, pensar crítica e criativamente. Na figura 1 apresenta-se as competências propostas no *curriculum* irlandês.



Segundo o mesmo documento, estas competências desempenham um papel fundamental para que todos os estudantes, desenvolvam as suas potencialidades, não só durante o seu percurso escolar, como na sua vida futura, permitindo a sua participação activa na sociedade, na família, na comunidade e no mundo do trabalho. As competências chave devem ser desenvolvidas de uma forma integrada nas diversas áreas do *curriculum* e serem centrais em todas as disciplinas de forma a terem um impacto positivo nas aprendizagens (NCCA, 2010). Para cada competência foram definidos indicadores de desenvolvimento que possibilitem a monitorização da aprendizagem.

Definidas as competências fundamentais para os alunos até ao final do ensino secundário, é fundamental repensar o ensino e as práticas utilizadas por professores e alunos para ensinar e aprender. Como afirma Galvão (2006), pede-se um olhar diferente, mais do que uma revolução, mas para isso é preciso mudar atitudes de conformismo e de rotina.

A Tabela 1 compara as práticas curriculares tradicionais em ciência com as recomendadas pelas actuais linhas de orientação (Blair, 1995).

Tabela 1: Comparação entre a prática tradicional e a prática recomendada no ensino da ciência (Adaptado de Blaird (1995))

Tradicional	Recomendada
Ciência para alguns	Ciência para todos
Baseada no behaviorismo	Baseada no construtivismo
Objectivos comportamentais – a aprendizagem baseia-se em comportamentos mensuráveis	Objectivos conceptuais – a aprendizagem baseia-se na construção de conceitos/aprendizagem significativa
Baseada em textos	<i>Hands-on/ Minds-on</i>
Passiva	Activa
Investigação confirmatória	Investigação de resolução de problemas
Orientada para factos	Orientada para conceitos
Demonstrações pelos professores	Laboratórios/Experiências de campo
Ciência encarada como uma matéria isolada com fracas relações com a matemática, os estudos sociais, as linguagens artísticas, a arte ou a música	Ciência vista como parte de um mundo interdisciplinar. Ênfase colocada na relação entre a ciência e o mundo dos alunos, que não é compartimentado
O professor apresenta o conhecimento e os estudantes aprendem-no. A comunicação tem, em geral, um só sentido	O professor é um facilitador da aprendizagem e também um aprendente. Os alunos são aprendentes e também professores em algumas situações. As redes de comunicação substituem formas de comunicação unidireccional
Uso limitado da tecnologia	Integração total da tecnologia apropriada no ensino
Uso exclusivo de avaliação de papel e lápis, desligada do ensino	Avaliação multidimensional, integrada no ensino
Aprendizagem competitiva	Aprendizagem cooperativa
Exposição	<i>Curriculum</i> em espiral
Muitos temas abrangidos, com pouca profundidade	Poucos temas abrangidos, com maior profundidade

Em Portugal, ocorreram três reformas curriculares e uma reorganização/ revisão curricular nos últimos 50 anos. Nos finais dos anos 40, ocorreu a reforma do ensino liceal (Decreto-Lei nº37: 112,1948); nos anos 70, aconteceu uma

mudança curricular que ficou conhecida como reforma Veiga Simão, levando à apresentação de novos programas (Programa de Ciências Físico-Químicas, 1975, e Programa de Biologia, 1977); nos anos 90, após a publicação da Lei de Bases do Sistema Educativo (1986), ocorreu outra reforma curricular com a publicação de novos programas (Programa de Ciências Físico-Químicas, 1995, e Programa de Biologia, 1995), para os alunos do ensino básico e secundário. No final dos anos 90, início de 2000, procedeu-se a uma reorganização curricular no ensino básico, com a inovação centrada em torno da criação de um *Curriculum* Nacional, com a especificação daquilo que os alunos do ensino básico deveriam saber e “saber-fazer” no final da escolaridade obrigatória. Foi criada a disciplina de Ciências Físicas e Naturais, que englobou os conteúdos de Ciências Naturais e de Físico-Química, desde o 7.º até ao 9.º ano de escolaridade, com um *curriculum* conjunto, onde se enunciam as orientações gerais para o ensino das ciências a nível do ensino básico.

A revisão curricular para o ensino secundário deu lugar ao desenvolvimento de novos *curricula*, nomeadamente para as disciplinas de ciências (Biologia, Física, Química e Geologia). Os documentos que regulamentam estes novos *curricula*, no ensino básico e secundário, são: a Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei n.º 49/2005 de 30 de Agosto) e as duas alterações a ela afectas (incorporadas na Lei n.º 49/2005, de 30 de Agosto); o Currículo Nacional do Ensino Básico (CNEB) (DEB, 2001a); as Orientações Curriculares do 3.º Ciclo de Ciências Físicas e Naturais (DEB, 2001b); o Documento Orientador da Revisão Curricular do Ensino Secundário (2003) e o Programa de Biologia e Geologia de 10.º (DES, 2001b), de 11.º ano (DES, 2003), e de Biologia do 12.º ano (DES, 2004a) e de Geologia do 12.º ano de escolaridade (DES, 2004b).

A Lei de Bases do Sistema Educativo, consagra os objectivos do Ensino Básico e Secundário, determinando que a formação geral dos alunos, deve assegurar que nela “...sejam equilibradamente interrelacionados o saber e o “saber-fazer”, a teoria e a prática, a cultura escolar e a cultura do quotidiano” (Artigo 7.º, alínea b). Por seu lado, a formação específica, deve “assegurar o desenvolvimento do raciocínio, da reflexão e da curiosidade científica e o

aprofundamento dos elementos fundamentais de uma cultura humanística, artística, científica e técnica que constituam suporte cognitivo e metodológico apropriado para o eventual prosseguimento de estudos e para a inserção na vida activa” (Artigo 9.º, alínea a), assim como “fomentar a aquisição e aplicação de um saber cada vez mais aprofundado, assente no estudo, na reflexão crítica, na observação e na experimentação” (Artigo 9.º, alínea c).

Neste virar do milénio, as Orientações Curriculares parecem estar em sintonia com as linhas propostas internacionalmente para o ensino das ciências (Galvão, 2006) já que apresentam a ênfase na inter-relação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, contribuindo para a literacia científica dos alunos, e apelam para a sua participação activa na sala de aula.

1.2. Objectivos do estudo

Este trabalho de investigação teve, como objectivo geral, desenvolver e testar um conjunto de actividades sobre a temática das enzimas, apresentadas aos alunos de forma inovadora e integrando o *Role-play* como oportunidade educativa. Foram desenvolvidas quatro actividades incluídas na Unidade IV “Produção de alimentos e sustentabilidade”, na disciplina de Biologia do 12ºano de escolaridade do Curso Científico-humanístico de Ciências e Tecnologias, com ênfase nos conteúdos: Fermentação e actividade enzimática e Conservação, melhoramento e produção de novos alimentos (DES, 2004a). De forma a poder avaliar a consecução do objectivo geral referido, definiram-se os seguintes objectivos específicos:

- Avaliar a eficiência das 4 actividades desenvolvidas como ferramentas metodológicas na aquisição de conhecimentos científicos;
- Avaliar a eficácia da introdução do Jogo / *Role-play* como oportunidade educativa;
- Aumentar a motivação dos alunos para a aprendizagem das ciências e fomentar a responsabilidade e o sentimento de posse na condução das actividades.

O estudo que se apresenta procurou avaliar o progresso cognitivo e afectivo dos alunos após a implementação da planificação de actividades, descrita neste trabalho.

1.3. Relevância do estudo

Este estudo de investigação apresenta uma proposta inovadora de abordagem da temática das enzimas e pretende demonstrar as vantagens da utilização do Jogo como oportunidade educativa, através de actividades de *Role-play*, especialmente aplicadas ao trabalho prático de cariz experimental, no ensino das Ciências, uma área pouco explorada e pouco utilizada nas escolas portuguesas.

Além disso, procurou-se desenvolver actividades práticas sobre actividade enzimática que fugissem às “tradicionais” enzimas digestivas que os alunos, mais do que experimentar ou ver actuar, ouvem falar, sempre que, no seu percurso escolar, os conteúdos dos *curricula* abordam a temática das enzimas.

A planificação de actividades que se apresenta neste estudo permite, na opinião da autora, a realização de actividades motivadoras no âmbito da temática das enzimas, que centram os alunos no desenvolvimento do trabalho prático e que os ajudam a desenvolver uma maior autonomia no trabalho laboratorial. Além disso, não ocupam muito mais do que o tempo previsto no programa da disciplina de Biologia de 12ºano, considerando que permitem abordar um vasto conjunto de conceitos, relacionados com as aplicações biotecnológicas das enzimas, integrados em várias unidades do Programa Curricular da disciplina de Biologia. Isto permite minimizar um dos motivos mais invocados pelos professores para a não aplicação de trabalho prático nas aulas de Ciências – a falta de tempo face à extensão dos Programas Curriculares.

1.4. Limitações do estudo

As limitações deste estudo prenderam-se essencialmente com três factores:

- a escassez de trabalhos respeitantes à elaboração de materiais e actividades de *Role-play*, especialmente aplicadas ao trabalho prático de cariz experimental, no ensino das Ciências em Portugal;
- a escassez de exemplos de instrumentos de avaliação deste tipo de actividades o que limitou a possibilidade de discussão ou reformulação dos instrumentos utilizados, em especial a nível do conhecimento conceptual dos alunos;
- a amostra utilizada, reduzida a um número de dezasseis alunos, pelo que os resultados obtidos não poderão ser extrapolados mas poderão dar informação válida para um eventual estudo futuro.

1.5. Plano geral da dissertação

Esta tese é constituída por cinco capítulos. Neste primeiro capítulo, Contextualização e Apresentação do estudo, foi efectuado o enquadramento do problema em investigação, sua relevância e limitações. No segundo capítulo, Fundamentação Teórica, é efectuada uma síntese da principal literatura relacionada com os objectivos de investigação, salientando-se aspectos relacionados com a importância da literacia científica nos cidadãos, a educação científica em Portugal de cariz CTS, os trabalhos práticos e a avaliação em Ciências e o Jogo (*Role-play*) como oportunidade educativa no ensino das Ciências. É ainda apresentada uma pesquisa sobre a temática das enzimas e estratégias de ensino desta temática no Ensino Básico e Secundário. O terceiro capítulo, a Metodologia, apresenta e caracteriza a investigação efectuada, descrevendo as actividades desenvolvidas e os instrumentos utilizados na recolha de dados da amostra. No quarto capítulo, Apresentação e Discussão de Resultados, é feita uma análise dos manuais escolares portugueses do Ensino

Básico e Secundário e efectuada uma apresentação, análise e comentários aos resultados obtidos no trabalho de investigação. No quinto e último capítulo, Conclusões e Sugestões, são sintetizadas as conclusões da investigação e apresentadas sugestões para futuras investigações.

Capítulo II:

Fundamentação Teórica

2.1. A Educação em Ciências

A área das Ciências e Tecnologias tem sofrido um avanço vertiginoso nos últimos anos, que não tem sido acompanhado pelo cidadão, em geral, mas desperta o interesse de toda a comunidade. Esta ideia generalizada é apoiada pelos resultados do último Eurobarómetro publicado em Junho de 2010, cujas conclusões indicam que os Europeus (Special Eurobarometer 340, 2010):

- manifestam interesse sobre as novas descobertas científicas e desenvolvimentos tecnológicos, em que 30% se manifestam muito interessados e 49% moderadamente interessados;
- sentem-se moderadamente (50%) informados sobre as novas descobertas científicas, enquanto poucos se sentem muito bem informados (11%);
- não participam activamente em discussões e debates públicos sobre ciência e tecnologia, 91% dos quais nunca participou em debates ou discussões públicas;
- têm uma visão positiva sobre a ciência e tecnologia mas pouco conhecimento sobre o trabalho do cientista;
- são optimistas sobre os efeitos da ciência e tecnologia mas ligeiramente menos do que em 2005;
- consideram que os cientistas devem tomar decisões sobre ciência mas sob consulta pública;
- manifestam que os cientistas devem comunicar mais sobre ciência mas que não são muito eficientes ao fazê-lo;
- consideram que os governos devem fazer mais para encorajar os jovens e as mulheres a envolverem-se mais nas questões relacionadas com a ciência;
- não manifestam conhecimento sobre o actual investimento da União Europeia na investigação mas acham que um aumento deste investimento seria benéfico.

Este estudo, feito nos 27 países da UE mostra que existe ainda uma distância entre ciência e sociedade, apesar de revelar uma percepção positiva e

optimista sobre o que ciência e tecnologia pode actualmente fazer pela humanidade em termos de investigação médica, de melhoria da qualidade de vida, bem como oportunidades para as gerações futuras.

Relativamente a Portugal, os resultados não são tão animadores (Special Eurobarometer 340, 2010). Quando questionados sobre o seu interesse relativamente às novas descobertas científicas e desenvolvimentos tecnológicos, 35% dos inquiridos (num universo de 1.027 entrevistas) mostraram desinteresse relativamente ao assunto, enquanto a média europeia é de apenas 20% (1 em cada 5 europeus). Analisando os dados sociodemográficos, não há diferenças significativas no interesse manifestado por homens e mulheres, e verifica-se que os inquiridos com níveis de escolaridade mais elevados ou ainda a estudar, manifestam mais interesse por estas questões. As pessoas dos meios rurais e as que usam menos frequentemente a internet manifestam menor interesse pelos avanços da ciência e tecnologia. Quando questionados sobre a importância dos conhecimentos científicos no dia-a-dia, 44% dos portugueses consideram que não é importante, enquanto a média europeia é de 33%. Mais de metade dos portugueses considera-se pouco informado sobre o assunto (57%) comparativamente à média europeia (38%).

Surge assim a necessidade urgente de alfabetizar, no domínio das ciências, a população em geral, a qual terá de começar pela escola.

Em contexto escolar, os estudos sobre a literacia científica dos alunos portugueses são muito escassos. Dos poucos estudos realizados em Portugal, o PISA (cujo último ciclo foi realizado em 2006) incidiu especialmente sobre ciências e procurou avaliar os aspectos cognitivos e não cognitivos da literacia científica dos alunos de 15 anos. Os aspectos cognitivos incluem, segundo o documento, os conhecimentos do aluno e a sua capacidade para utilizar efectivamente esses conhecimentos, enquanto executa determinados processos cognitivos característicos da ciência e da investigação científica, em contextos de relevância pessoal, social e global. Na avaliação das competências científicas, o PISA privilegia questões para as quais o conhecimento científico possa contribuir e que poderão envolver o aluno, agora ou no futuro, na tomada de decisões. O conceito de literacia tal como é utilizado no PISA remete para a capacidade dos

alunos aplicarem os seus conhecimentos e analisarem, raciocinarem e comunicarem com eficiência, à medida que colocam, resolvem e interpretam problemas numa variedade de situações concretas (OECD, 1999 e 2003; GAVE, 2001). O aspecto essencial do PISA é o de assentar numa avaliação incidindo nas competências que evidenciem o que os jovens de 15 anos sabem, valorizam e são capazes de fazer em contextos pessoais, sociais e globais.

Em Portugal, o PISA 2006 envolveu 173 escolas (sendo 155 públicas e 18 privadas), abrangendo 5.109 alunos, desde o 7.º ao 11.º ano de escolaridade, com 15 anos (Pinto-Ferreira *et al.*, 2007). Os alunos que participaram no ciclo do PISA 2006 tiveram de responder a um conjunto de testes sobre questões relacionadas com a ciência. Nestes testes os alunos foram avaliados relativamente à sua capacidade de reconhecer questões passíveis de serem investigadas cientificamente, de identificar a evidência necessária a uma investigação científica, de tirar e avaliar conclusões, de comunicar conclusões válidas e de demonstrar compreensão de conhecimentos científicos. A cada um destes aspectos da literacia científica corresponde uma classificação baseada no grau de dificuldade das tarefas que conseguiram realizar com sucesso. Uma classificação global resume um desempenho global médio em ciência. Os alunos portugueses obtiveram em 2006 um nível global médio de desempenho a literacia científica de 474, sendo que, quanto mais elevado o ano de escolaridade dos alunos, maior o seu desempenho médio. Pode-se mesmo afirmar que os alunos dos 10.º e 11.º anos de escolaridade obtiveram valores superiores à média da OECD, afastando-se em mais de 50 pontos da média nacional (528 e 548 respectivamente). Globalmente, os alunos portugueses obtiveram níveis médios de desempenho global fracos a moderados a literacia científica, *i.e.*, 97,1% dos alunos apresentaram níveis médios de desempenho até ao nível de proficiência 4, numa escala de 1 a 6 níveis⁽¹⁾.

⁽¹⁾ “Um aluno com um nível 4 de desempenho consegue lidar eficazmente com situações e assuntos que possam implicar a necessidade de fazer inferência sobre um determinado conjunto de factos científicos. Consegue seleccionar e integrar explicações e/ou argumentos de várias disciplinas científicas e relacioná-las com aspectos reais do dia-a-dia. É capaz ainda de reflectir sobre as suas acções e tomar decisões recorrendo a conhecimentos científicos que tenha adquirido” (PISA, 2006).

2.1.1. Educação em Ciência de cariz CTS (Ciência – Tecnologia – Sociedade)

A Educação em Ciência de cariz CTS, integrada na perspectiva de Ensino Por Pesquisa, (Cachapuz *et al.*, 2002) é a que parece ir ao encontro das necessidades educativas dos nossos jovens. Nela são abordadas situações-problema do quotidiano que poderão permitir construir solidamente conhecimentos e reflectir sobre os processos da Ciência e da Tecnologia bem como as suas inter-relações com a sociedade e o ambiente, facultando aos alunos uma aprendizagem nos domínios científico e tecnológico, possibilitando tomar decisões mais informadas e agir responsavelmente.

Esta abordagem permite o desenvolvimento de capacidades, competências, atitudes e valores, na esteira de uma ética de responsabilidade. Um dos objectivos da educação científica consiste no desenvolvimento de atitudes que sensibilizem os alunos para as questões científicas e a subsequente aquisição e aplicação de conhecimentos científicos e tecnológicos em benefício próprio ou da sociedade (OECD, 2006b).

Actualmente, nas nossas escolas, as práticas e as preocupações dos professores ainda estão muito centradas no ensino dos conceitos e dos processos (Marques, 2007). No entanto, tal como é mencionado por Cachapuz *et al.* (2000) numa abordagem de âmbito CTS, os conceitos a aprender são apenas uma das finalidades já que durante o processo de ensino-aprendizagem o aluno passa por experiências que lhe permitem adquirir e desenvolver capacidades, competências, atitudes e valores que estão muito para além da mera aprendizagem dos conceitos.

Na Educação em Ciências de cariz CTS, os trabalhos práticos assumem uma importância fulcral como ferramentas que permitem ao aluno encontrar a solução para o problema. O conceito de “trabalho prático” é frequentemente utilizado, nos manuais escolares e pelos professores, como sinónimo de actividade de laboratório e/ou de “experiência”. Leite (2001) considera o termo

geral e inclui todas as actividades que exigem que o aluno esteja activamente envolvido.

Caamaño (2003) apresenta várias razões que justificam o facto dos trabalhos práticos serem uma das actividades mais importantes no ensino das ciências, das quais se destacam o contribuírem para a motivação dos alunos, permitirem ilustrar a relação entre variáveis significativas na interpretação de um fenómeno, proporcionarem experiências na manipulação de instrumentos de medida e em técnicas de laboratório e de campo e ainda de constituírem uma oportunidade para o trabalho em equipa, desenvolvimento de atitudes e aplicação de regras próprias do trabalho experimental. Vieira (2006) refere que a investigação em educação em Ciências considera que o Trabalho Laboratorial deve perseguir objectivos de ensino-aprendizagem cada vez mais latos, pois constituindo-se como um requisito inerente aos *curricula* de Ciências, apresenta grande potencial de aprendizagem (Hodson, 2000) na promoção de conhecimento conceptual, procedimental e metodológico (Leite, 2001), especialmente, quando desenvolvido numa perspectiva de resolução de problemas (Hofstein *et al.*, 2005). Em concordância com esta ideia, outros autores consideram muito relevante o Trabalho Laboratorial já que proporcionam ao aluno recursos e oportunidades (Millar, 2004), interessantes e estimulantes (Leite, 2001), em contextos propícios à aprendizagem significativa e sobre os quais os alunos detêm suficiente controlo e independência, na acção e interacção com outros (Hodson, 2000) e que possibilitem a integração de conhecimento teórico-conceptual e prático-conceptual (Millar, 2004), de relevância eco-socio-cultural (Wellington, 2000; Hodson, 2003).

Abrahams e Millar (2008) referem que há evidências que mostram que os alunos consideram as actividades práticas úteis e divertidas, em comparação com outras actividades em ciências.

Embora haja consenso sobre a relevância do Trabalho Laboratorial entre os investigadores, vários autores consideram que ele não é eficazmente implementado nas escolas (Hodson, 2000; Leite, 2001; Leite e Figueiroa, 2004; Millar, 2004; Wellington, 2000). Entre as razões apontadas por Vieira (2006) para a discrepância entre a grande potencialidade de aprendizagem do Trabalho

Laboratorial e os resultados efectivos da sua implementação estão a inadequada selecção da actividade laboratorial que melhor satisfaz o objectivo primordial de ensino-aprendizagem; o momento desajustado para a sua implementação e a falta de consideração pelas concepções alternativas dos alunos, relativas às temáticas em estudo. Além disso, verifica-se uma condução redutora do próprio Trabalho Laboratorial, pelo professor, ao aplicar incessantemente, o mesmo tipo de actividade laboratorial, normalmente do tipo receita (Leite e Esteves, 2005), sujeita à condução por um protocolo altamente estruturado (Leite, 2001), e a uma falta extrema de diálogo entre professor e alunos e entre estes, sobre o propósito do Trabalho Laboratorial (Hodson, 2000).

No discurso dos professores, o Trabalho Laboratorial surge também como parte essencial na compreensão da Ciência e no progresso do conhecimento conceptual, assim como, fonte de motivação, interesse e participação. No entanto, existe uma séria incongruência entre esta imagem e a sua taxa de implementação, nas escolas portuguesas (Vieira, 2006). Dos poucos estudos realizados em Portugal, Miguéns e Garrett (1991) referem um, do Gabinete de Estudos e Planificação (1989), que indica uma taxa de 35% de professores (17 no total de 48 entrevistados) que ocupa mais de 20% do tempo lectivo em Trabalho Laboratorial, e 16% que nunca realizam actividades laboratoriais. Kind (1999) sugere que os resultados dos alunos portugueses no *Third International Mathematics and Science Study* (TIMSS), indicam uma reduzidíssima experiência destes em Trabalho Laboratorial, e Dourado (2001 in Vieira, 2006) indica, num estudo com 166 professores de Ciências Naturais, que apenas 18,1% não costuma implementar Trabalho Laboratorial mas quando questionados sobre o número de actividades laboratoriais que realizam anualmente, apenas 21,1% emprega 7 ou mais aulas por ano. Ou seja, quase dois terços dos professores, 60,8%, utilizam somente 1 a 6 aulas por ano, com actividades laboratoriais. Resultados semelhantes foram obtidos por Vieira (2006) no seu estudo de investigação. As principais razões apontadas nesse estudo para a não implementação de actividades laboratoriais foram: a) a necessidade de cumprir o programa, b) elevado número de alunos por turma, c) falta de material ou inexistência de laboratórios equipados.

Nas escolas inglesas, pelo contrário, 30-50% do tempo curricular, é dedicado a Trabalho Laboratorial (Millar, 1989) sendo os alunos mais velhos (16 a 18 anos) a ocupar mais de um terço do tempo lectivo em actividades laboratoriais e os mais novos (11 a 13 anos), a despendem mais de metade do tempo no laboratório.

Para contrariar esta tendência, Vieira (2006) apresenta, a partir de uma revisão bibliográfica, sugestões para a implementação eficaz de Trabalho Laboratorial:

- uma determinação inequívoca dos objectivos de aprendizagem a alcançar (Hodson, 2000; Leite, 2000);
- diversidade de formatos de actividades laboratoriais (Wellington, 2000; Woolnough, 2000);
- primazia das actividades que apresentam elevado grau de abertura (Leite, 2001);
- numa perspectiva de resolução de problemas que sejam interessantes e que valham a pena investigar (Hodson, 2000);
- que aborde assuntos contemporâneos (Wellington, 2000) que se relacionem com o conhecimento e experiências dos alunos (Hodson, 2000);
- em associação com novas tecnologias de informação e comunicação (Hodson, 2000; Wellington, 2000); e,
- que possibilitem o desenvolvimento de uma compreensão do mundo natural (Millar *et al.*, 2002), através duma aproximação do domínio das ideias e o dos objectos reais e observáveis, ou seja, numa relação familiar entre conceitos, fenómenos e modelos (Millar *et al.*, 2002; Wellington, 2000).

2.1.2. Os trabalhos práticos em Ciências

Ainda que apresentando propostas diversas, a maioria dos investigadores (e.g. Woolnough (2000), Caamaño (2004), Wellington (2000; 2000b), Leite (2000, 2001) e Leite e Figueiroa (2004)) classificam as actividades laboratoriais de acordo com os objectivos que se pretende atingir com a sua implementação. A

autora considera que a proposta de Leite e Figueiroa (2004), apresentada na Tabela 2, torna explícito o propósito possível mais lógico de ser alcançado, e a actividade laboratorial congruente, sendo esta a tipologia adoptada durante o seu trabalho de investigação.

Tabela 2: Tipologia das actividades laboratoriais (Adaptado de Leite e Figueiroa, 2004)

Objectivo primordial		Tipos de actividades	Caracterização de cada tipo de actividade laboratorial
Aprendizagem de conhecimento procedimental		Exercícios	Apontam para o desenvolvimento de destrezas (ex.: observação, medição, manipulação, etc) e permitem a aprendizagem de técnicas laboratoriais. Estas aprendizagens requerem uma descrição detalhada do procedimento e, as mais complexas, podem exigir uma demonstração. Adicionalmente, a prática é fundamental para alcançar um bom domínio das mesmas.
Aprendizagem de conhecimento conceptual	Reforço do conhecimento	Actividades para a aquisição de sensibilidade acerca de fenómenos	Baseiam-se nos sentidos e dão ao aluno, a oportunidade de ver, sentir, ouvir, etc. Não introduzem nenhum conceito novo, mas dão uma noção do conceito ou do princípio em questão.
		Actividades ilustrativas	Confirmam o conhecimento previamente apresentado. Baseiam-se na execução de um protocolo estruturado, com o fim de conduzir a um resultado previamente conhecido pelos alunos.
	Construção de conhecimento	Actividades orientadas para a determinação do que acontece	Conduzem à construção de conhecimentos novos, mediante a implementação de uma actividade detalhadamente descrita num protocolo, que leva os alunos à obtenção do resultado que se pretende e que eles desconheciam inicialmente.
		Investigações	Conduzem à construção de novo conhecimento substantivo, graças a um procedimento de resolução de problemas. Os alunos têm que encontrar uma estratégia para resolver o problema, colocá-la em prática, avaliá-la e reformulá-la, se caso necessário.
	(Re)Construção de conhecimento	Prevê-Observa-Explica-Reflecte (POER)	Promove a reconstrução do conhecimento dos alunos, começando por os confrontar com uma questão que os permite tornar conscientes das suas ideias prévias, para os confrontar de seguida, com os dados empíricos que permitem o seu apoio (em caso de serem as cientificamente aceites) ou a sua debilitação (no caso de se afastarem do previsto pela comunidade científica). Pode existir um protocolo, cuja implementação permite obter os dados necessários. Se tal não ocorre, os alunos têm de encontrar uma estratégia para fazer prova das suas ideias.
Aprendizagem da metodologia científica		Investigações	Dado que não se apoiam em protocolos, permitem adicionalmente, a construção de conhecimento substantivo novo, o desenvolvimento de competências de resolução de problemas e a compreensão dos processos da ciência e a sua natureza.

O momento adequado para a implementação de uma actividade laboratorial, antes, depois ou integrada com a teoria resulta, segundo De Pro Bueno (2000), da determinação do objectivo primordial de ensino-aprendizagem estabelecido pelo professor, pois um Trabalho Laboratorial implementado depois da teoria, serve para comprovar, ilustrar ou aplicar conhecimento; antes da teoria, favorece a motivação, a colocação de questões, e a identificação de problemas; e, de uma forma integrada com ela, para construir conhecimento. Do mesmo modo, na forma de implementação de Trabalho Laboratorial, é imprescindível determinar e distinguir o papel a desempenhar pelo professor e alunos, ou seja, o grau de abertura da actividade laboratorial (Leite, 2001). Assim, é necessário discriminar quem vai desempenhar o papel principal, na definição do problema e contextualização teórica do mesmo, no procedimento a desenhar e executar, na recolha de dados e sua análise, na elaboração das conclusões e na reflexão inerente. Todos estes parâmetros podem ser solicitados ao aluno, fornecidos ou elaborados pelo professor, ou uma combinação destes dois (Vieira, 2006).

Vários autores (e.g. Abrahams e Millar (2008); Kirschner *et al.* (2006)) obtiveram resultados que indicam não haver evidências de que o trabalho prático (laboratorial) aplicado aos alunos sem qualquer orientação (“minimal guidance during instruction”) seja eficaz e facilitador das aprendizagens. Hodson (1991), Osborne (1993) e Wellington (1998) referenciados por Abrahams e Millar (2008), chegam mesmo a considerá-lo confuso e contraproducente. Tendo em consideração esta evidência procurou-se desenvolver actividades de cariz experimental mais abertas, que possibilitassem maior poder de decisão aos alunos e que permitissem espaços de discussão no grupo-turma. No entanto, houve a preocupação de fornecer informações aos alunos e desenvolver algumas competências procedimentais que se traduzissem numa maior autonomia dos alunos neste tipo de trabalhos.

2.1.3. A Avaliação e o Ensino das Ciências

O ensino apresenta como propósito fundamental a promoção de competências de conhecimento substantivo, processual e epistemológico e o desenvolvimento de atitudes (DEB, 2001a). Assim sendo, avaliação no âmbito escolar assume, não uma, mas duas funções gerais: a regulação do processo de ensino aprendizagem e a certificação das competências adquiridas (Abrantes, 2002). Adicionalmente, na forma de uma avaliação externa, através da implementação de exames a nível nacional, possibilita aferir o grau de desenvolvimento das aprendizagens dos alunos (Decreto-Lei n.º 74/2004, de 26 de Março) e, em consequência, influi em decisões que visam melhorar a qualidade do ensino e aumentar a confiança social no sistema educativo (Abrantes, 2002; Vieira, 2006).

A avaliação das aprendizagens no Ensino Secundário é regulamentada pelo Decreto-Lei n.º 74/2004, de 26 de Março, o Documento Orientador da Revisão Curricular do Ensino Secundário (DES, 2003a) e as Portarias n.º 550-A/2004 a 550-D/2004, de 1 de Maio. Neste nível de ensino, a avaliação tem função de aferir conhecimentos, competências e capacidades, e verificar o grau de cumprimento dos objectivos globalmente fixados (Artigo 10.º, alínea 2). No entanto, a avaliação apresenta, de acordo com o Despacho Normativo n.º 1/2005, de 5 de Janeiro e do Decreto-Lei N.º 74/2004, de 26 de Março, outras finalidades, como contribuir para o sucesso de todos os alunos, e melhorar a qualidade do sistema educativo ao assumir a vantagem de privilegiar a avaliação formativa, o que lhe confere a possibilidade de reajustes permanentes no processo de ensino-aprendizagem, em função das necessidades encontradas, em contínuo diálogo com os alunos e em colaboração com os outros professores.

A avaliação considera-se, assim, um processo contínuo e interactivo de recolha e análise de informação, fundamental para fornecer um feedback efectivo ao aluno e ao professor e aumentar a motivação e a auto-estima dos estudantes. Identificar erros ou dificuldades, tentar compreender as suas causas e tomar decisões com o objectivo de os corrigir são práticas fundamentais numa inter-

relação constante entre a avaliação diagnóstica e formativa (Vieira, 2006; Galvão *et al*, 2006).

Falar de mudanças curriculares implica perspectivar a avaliação como inerente a essa mudança, o que significa que é necessário o desenvolvimento integral de novos e adequados modos de avaliar. Como defendem Galvão *et al*. (2006) quando o enfoque passa a estar no desenvolvimento de competências nos alunos, a avaliação tem de ter em conta essa nova abordagem. A Tabela 3 apresenta um resumo das mudanças previstas na avaliação nas aulas de ciência (Blaird, 1995).

Tabela 3: Evoluções previsíveis da avaliação no ensino da ciência (Adaptado de Blaird, 1995)

De	Para
Testes preferencialmente aplicados em Grupo	Uma variedade de formas de aplicação incluindo grandes grupos, pequenos grupos e indivíduos
Testes preferencialmente de papel e lápis	Uma variedade de tipos de testes, incluindo pictóricos, de desempenho laboratorial, apoiados em computador, observações, entrevistas de discussão
Preferencialmente avaliação sumativa final	Uma variedade de testes de diagnóstico e modalidades de avaliação formativa
Preferencialmente avaliação de objectivos cognitivos de baixo nível	Inclusão de resultados cognitivos de nível mais elevado (análise, avaliação, pensamento crítico).
Preferencialmente avaliações de resultados cognitivos	Inclusão da avaliação de resultados afectivos (atitudes, interesses e valores) e psicomotores (observação, manipulação, etc.)
Preferencialmente testes e classificações normativas	Inclusão de mais avaliação criterial e auto e heteroavaliação
Preferencialmente avaliação de factos e princípios científicos	Inclusão de objectivos relacionados com os processos científicos, a natureza da ciência e a relação entre ciência, tecnologia e sociedade
Preferencialmente avaliação dos resultados dos alunos	Inclusão da avaliação dos efeitos dos programas, dos <i>currícula</i> e das técnicas de ensino
	(...)

Tabela 3: Evoluções previsíveis da avaliação no ensino da ciência (Adaptado de Blair, 1995) (continuação)

De	Para
Preferencialmente testes elaborados pelos Professores	Uso combinado de testes elaborados pelos professores, testes estandardizados, instrumentos de investigação, itens retirados de colecções reunidas pelos professores, projectos nacionais e internacionais e outras fontes
Preocupação preferencial com os resultados totais dos testes	Interesse pelos resultados parciais dos testes, índices de dificuldade e de discriminação dos itens, apoiado em ferramentas informáticas
Preferencialmente uma forma unidimensional de avaliação (p. ex. um número ou uma letra)	Um sistema multidimensional de reportar os progressos dos alunos no que se refere a variáveis como conceitos, procedimentos laboratoriais, discussão na aula e competências de resolução de problemas
Preocupação preferencial com o que os alunos sabem e não sabem	Atenção especial às concepções alternativas dos alunos
Preferencialmente avaliação de unidades isoladas de informação ou competências	Ênfase no “todo” como, por exemplo, resolução de problemas, investigação, mapas conceptuais e actividades situadas
Preferencialmente tarefas verbais	Inclusão de tarefas com tabelas de dados, gráficos, fluxogramas, etc.
Preferencialmente testes que requerem que os estudantes escolham ou seleccionem respostas.	Inclusão de testes que requerem o desempenho dos alunos, incluindo projectos, relatórios e portfolios.

Galvão *et al.* (2006) defendem que o tipo mais apropriado de avaliação ao *curriculum* de ciências inclui, por exemplo, as seguintes competências:

- Interpretação de notícias científicas dos media;
- Demonstração da compreensão de ideias principais da ciência, através de explicação por palavras próprias;
- Formulação de questões baseadas em dados, e de respostas diversas a esses dados;
- Demonstração do reconhecimento do papel da prova na resolução de problemas, por argumentação e contraste de diferentes descrições teóricas;
- Utilização de linguagem científica em situações diversas.

Vieira (2006) refere que deve ser implementado um esquema avaliativo multidimensional, considerando as vantagens e limitações de cada instrumento de avaliação e orientado para os objectivos de aprendizagem definidos, inerentes a determinada actividade laboratorial. Do conjunto de técnicas de avaliação disponíveis e a sua possível instrumentalização, vários autores (e.g. Leite, 2005; Tamir, 1990) propõem que as actividades laboratoriais devem ser avaliadas por um conjunto diversificado de instrumentos, de forma a lidar com uma população escolar heterogénea, a avaliar mais domínios do *curriculum* e a reduzir erros inerentes à avaliação.

Relativamente aos instrumentos e técnicas de avaliação, nomeadamente no Trabalho Laboratorial, importa destacar as que Leite (2000) propõe e que se apresentam na Tabela 4.

Tabela 4: Técnicas e instrumentos de avaliação para as actividades laboratoriais de acordo com diferentes autores (Adaptado de Leite, 2005)

Técnica de avaliação	Instrumento de avaliação	Boud <i>et al.</i> (1986)	Tamir (1990; 1996)	Gott e Duggan (1995)	Doran <i>et al.</i> (2002)	Leite (2000; 2005)
Inquérito	Testes escritos	x	x	x	x	x
	Testes práticos	x	x	x	x	x
	Questionários (de opinião e atitude)		x			x
	Entrevistas	x			x	x
Observação	Grelhas de observação (semi-estruturadas e/ou de notação livre)	x	x	x	x	x
	Listas de verificação (semi-estruturadas e/ou de notação livre)	x	x	x	x	x
Análise de documentos	Caderno de laboratório	x	x			x
	Mapas de conceitos de Novak		x		x	
	Diagramas de Venn				x	
	V de Gowin				x	
	Relatórios/ Artigos	x	x	x	x	x
	Apresentações/ Posterres	x			x	
	Projectos/ Investigações	x	x	x	x	
	Esboço do plano de trabalho	x				
	Portefólios				x	x
	Fichas de auto e coavaliação		x	x		x

A avaliação deve conjugar, equilibradamente, diversos instrumentos de avaliação, possibilitando uma avaliação justa e que promova o envolvimento dos alunos nas diferentes aprendizagens (Leite, 2000). Uma aprendizagem de qualidade no ensino das ciências exige uma diversidade de formas de avaliação bem como uma multiplicidade de actividades de ensino ou de trabalho na sala de aula (Vieira, 2006).

Dos instrumentos mencionados na Tabela 4, foram utilizados, no âmbito deste estudo, os testes escritos, as grelhas de observação, o V de Gowin, as investigações e as fichas de auto-avaliação.

Segundo Leite (2000), os testes escritos estão vocacionados para a avaliação de conhecimentos conceptuais e podem ser de características diagnósticas (Doran *et al.*, 1995), aplicados para determinação de concepções alternativas, ou para deliberação sobre o grau de consecução das aprendizagens (Sanmartí, 2002). Apresentam a grande vantagem de poderem ser objectivos (Valadares e Graça, 1998) e de fácil aplicação. Pelo contrário, avaliam um número limitado de competências, nomeadamente as relacionadas com os processos e skills científicos (Leite, 2000). No entanto, as ideias processuais referidas por Roberts e Gott (2003, 2004, 2006 *in* Vieira, 2006) que compreendem o conhecimento substantivo e um conhecimento base, subjacente ao conhecimento processual, podem ser avaliados por testes escritos, especificamente delineados para testarem conceitos de evidência, ou compreensão processual.

As grelhas de observação são o modo mais autêntico de avaliar o desempenho prático dos alunos (Tamir, 1990), possibilitando a recolha de informação sobre competências e atitudes (Leite, 2000), e a remediação de acções em tempo real. Consomem muito tempo e só podem ser administrados um número reduzido de vezes pelo que devem ser aplicadas para avaliar o que não se consegue por outras técnicas, como por exemplo, selecção de estratégias de resolução de problemas, atitude face ao trabalho de grupo, modo como os alunos comunicam os seus raciocínios (Valadares e Graça, 1998).

O V de Gowin é um diagrama que esquematiza toda a actividade experimental, apelando ao raciocínio e à organização de conceitos de uma forma integrada. Faria (1995), define o “V” epistemológico de Gowin como “Um instrumento heurístico organizado em torno da figura de um “V”, que permite um mapeamento mais completo de uma determinada fonte de conhecimento do que os mapas conceptuais”. Este método engloba dois grupos de estrutura dinâmica visualizados em dois grupos. Um tem em conta o domínio conceptual, o outro o domínio Metodológico. No centro do V de Gowin encontra-se uma questão ou problema, a partir do qual se inicia a construção do conhecimento. A estrutura do processo é esquematizada sob a forma de “V” como ilustra a Figura 2.

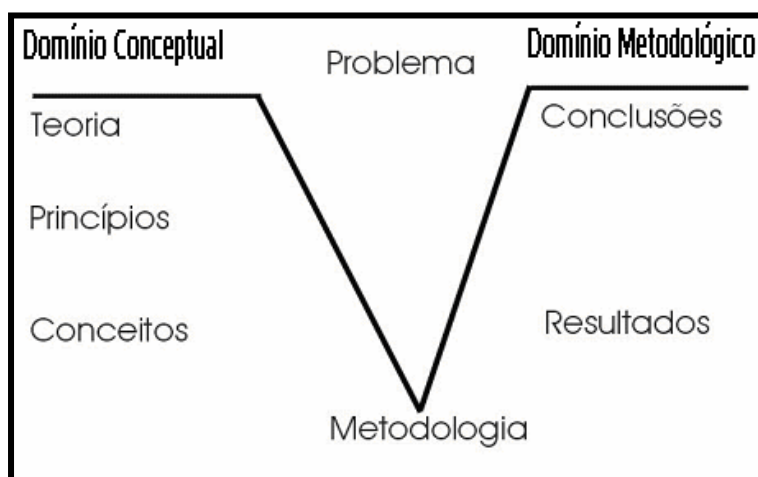


Figura 2 - V de Gowin mostrando os domínios conceptual e metodológico
(Adaptado de Cachapuz *et al.*, 2000)

No domínio conceptual (lado esquerdo), encontram-se os conceitos-chave e os sistemas conceptuais usados na pesquisa, gerando princípios que dão origem a teorias que têm subjacentes determinados sistemas de valores. Assim, neste lado, deverão constar todos os aspectos teóricos que o aluno necessita para compreender e fundamentar a actividade experimental e poder justificar os resultados (Novak *et al.*, 1983).

No domínio metodológico da pesquisa (lado direito), englobam-se os resultados e as conclusões. Neste domínio, existe uma ligação entre o procedimento e os materiais utilizados, sendo feitos os registos das observações ocorridas durante a investigação. Assim, deverão constar nesta parte, os

resultados da actividade experimental, bem como as conclusões a que se chegou, de forma a conseguir responder à questão central.

No centro do “V” encontramos a questão básica do problema, pertencente aos dois domínios (conceptual e metodológico), é uma pergunta que informa sobre o ponto central da pesquisa.

Na ponta do “V”, temos a metodologia utilizada durante a investigação. Aponta para os acontecimentos e objectos que se encontram na base do conhecimento.

De acordo com Cachapuz *et al.* (2000), o “V” de Gowin facilita aos alunos, delimitar o problema em estudo, com uma maior clareza dos objectivos a seguir, permitindo fazer uma ligação entre a parte teórica, tendo em conta os princípios e as teorias e a parte metodológica, identificando o que foi observado e manipulado no laboratório, através de análise e interpretação de dados.

O V de Gowin inclui o **Problema** em que há a formulação de uma questão que se encontra subentendida à actividade que se pretende realizar. As **Teorias** que englobam os domínios teóricos/práticos científicos desenvolvidos por investigadores relativos aos fenómenos da natureza. Estas teorias são importantes na realização das actividades experimentais, uma vez que ajudam na explicação dos conhecimentos e na previsão do que vai acontecer. Os **Princípios** correspondem às ideias que geram conhecimento científico, englobando também, o conhecimento necessário à actividade laboratorial e compreensão da mesma. Estes princípios devem ser apresentados de forma clara, com frases simples, rigorosas e utilizando palavras-chave. Os **Conceitos** incluem a lista de termos que o aluno deve conhecer para compreender a actividade experimental. A **Metodologia** é a descrição das técnicas usadas na actividade, incluindo os materiais e equipamentos utilizados. Os **Resultados** incluem os dados observados no final da actividade e que podem ser fotografias, gráficos, esquemas, desenhos ou tabelas. Por fim, as **Conclusões** que constitui uma resposta ao problema formulado no início do processo (Novak *et al.*, 1983).

Leite (2000) considera que o V de Gowin constitui um modo estruturado de analisar o conhecimento e oferece uma maneira de avaliar as capacidades de pensamento crítico e de conhecimento acerca do processo de construção da

Ciência. No entanto, são difíceis de produzir, exigindo uma aprendizagem prévia, mas facilitam o acesso ao modo como o aluno constrói o seu conhecimento e aos elementos cognitivos e afectivos que interferem na planificação de uma investigação e na interpretação dos resultados (Mintzes *et al.*, 2001)

Os projectos ou investigações constituem um procedimento avaliativo global, recorrendo por seu turno, a outros instrumentos de avaliação (Hodson, 2000; Leite, 2005). Devem vir acompanhados de estratégias de auto e coavaliação (Leite, 2005).

As fichas de auto e co-avaliação informam sobre a evolução dos alunos e suas capacidades metacognitivas, permitindo, simultaneamente, que os alunos tomem consciência do que conseguiram ou não fazer, no decurso do Trabalho Laboratorial (Leite, 2000), promovendo a autoconfiança. Exigem competências de avaliação crítica, honestidade e ausência de competitividade (Leite e Fernandes, 2003 in Vieira, 2006).

2.2. O jogo como oportunidade educativa

Para além do seu trabalho como professora de Biologia e Geologia, a autora deste estudo é também dirigente do Corpo Nacional de Escutas há quinze anos. Esta experiência acumulada no Escutismo, onde o método escutista e o jogo – num sentido amplo - são elementos essenciais para o desenvolvimento integral da criança ou do jovem, tem influenciado o seu trabalho como professora. O Escutismo é um bom exemplo onde as actividades de *Role-play* são aplicadas como uma metodologia educativa, ainda que informal, de sucesso.

As actividades escutistas são iniciativas e acções, planeadas e desenvolvidas pelas crianças e jovens, com acompanhamento adulto, que consubstanciam o jogo escutista e respondem às suas aspirações de descoberta e realização, contemplando uma sequência de oportunidades educativas diversificadas nas fases da escolha, planeamento, concretização e avaliação.

No jogo escutista, a criança ou o jovem encontra desafios e obstáculos, desenvolve capacidades e solidariedades, aprende e cresce com os outros e uns com os outros. Além disso, a vivência escutista, independentemente do escalão etário, baseia-se sempre num ambiente simbólico forte que lhe dá enquadramento, coerência e consistência. Cada Secção (grupo etário) possui e vive um imaginário próprio, isto é, um ambiente que a envolve e que se traduz por um espírito e uma linguagem próprios, uma história com heróis e símbolos, induzindo a um sentimento de pertença em relação ao grupo e permitindo a transmissão de determinados valores.

No Escutismo, a criança ou o jovem é agente activo na escolha dos projectos que quer realizar – motivado pela sua escolha, pelos pares, pela saudável competição, envolve-se na sua realização, o que significa que aprende pela acção, percebendo a utilidade do que aprendeu (o que o motiva para aprender mais), desenvolver as suas capacidades e descobrir habilidades e gostos que, de outro modo, provavelmente não descobriria.

No seu escrito mais importante - Escutismo para Rapazes – Lord Baden-Powell of Gillwell, fundador do Movimento Mundial do Escutismo (Baden-Powell, 1977), procurou transmitir aos jovens escuteiros princípios e procedimentos que considerava essenciais para a formação de uma personalidade equilibrada e sublinhava a importância de uma das faculdade de observação dizendo a certa altura: “Uma das coisas mais importantes que um escuteiro tem de aprender, quer seja escuteiro de guerra, quer caçador, quer escuteiro de paz, é que nada escape à sua atenção. É indispensável que veja as coisas mais insignificantes e as interprete. Exige-se muita prática para que um novato adquira o hábito de fixar tudo e não deixar que nada lhe escape à vista. Esta prática tanto se adquire na cidade como no campo (...) De igual modo deve notar todos os rumores, ou cheiros especiais, e procurar averiguar de onde provêm. Se não se habituar a reparar nestas pequeninas coisas, não terá elementos para raciocinar e tirar conclusões e pouco valerá como escuteiro.”

Dos ensinamentos de Baden-Powell pode entender-se que a capacidade de observar implica confrontar indícios com a experiência anterior para os poder interpretar (Carmo e Ferreira, 1998).

Para aprender é necessário experimentar, sentir, estar nas situações. Não se pode apenas ouvir dizer “como é que se deve fazer” ou ver os outros a actuar. Isto porque a aprendizagem é um processo dinâmico e activo. É o aprender fazendo.

A observação, o jogo e a metodologia de projecto são aspectos do método escutista que se procurou integrar na proposta pedagógica deste trabalho de investigação.

2.2.1. O *Role-play* no ensino das Ciências

McSharry e Jones (2000) apresentam uma visão global da importância educativa do *Role-play*⁽²⁾ que, segundo eles, é o resultado de “Jogar”, “Jogos” e “Simulação”. Na Tabela 5, apresentam-se definições destes três conceitos.

Tabela 5: Definições relacionadas com o *Role-play* (Adaptado de McSharry e Jones, 2000)

Jogar	Um comportamento usado durante o desenvolvimento da criança para aprender sobre o mundo que a rodeia e que lhe proporciona gozo. O “ambiente” inclui objectos concretos, interacções e regras sociais de conduta.
Jogos	Os jogos são como o “Jogar” mas normalmente têm um fim, uma recompensa. Os jogos têm regras próprias que podem ser usadas em competição com a esperança de ganhar.
Simulações	É a imitação de condições, pretendendo ter ou ser alguma coisa. Na educação, a simulação é referida muitas vezes como “jogos de simulação”, que são normalmente mais controlados do que sendo apenas extensões de jogos, e são “modelos detalhados com a intenção de reflectir uma situação encontrada no mundo real”.

⁽²⁾ Propositadamente não se utilizará, neste texto, a tradução portuguesa para *Role-play* por se considerar que este anglicismo é já muito utilizado na nossa linguagem corrente e que a tradução portuguesa não expressa todas as potencialidades associadas à expressão inglesa.

No ensino das ciências, “o *Role-play* pode ser visto como a interacção entre estes três componentes, isolados ou combinados entre si, e a criança ou jovem que realiza a actividade, resultando em aprendizagens” (McSharry e Jones, 2000). Os autores consideram que há um aumento progressivo do rigor intelectual envolvido no jogar, nos jogos e nas simulações.

Ladousse (1987 in Alkin e Christie, 2002) define *Role-play* como uma situação em que os participantes assumem um “*Role*” – papel – não necessariamente o seu, num cenário específico. “*Play*” significa que o papel se desenrola num ambiente confortável em que os participantes podem expressar os seus pontos de vista de formas criativas.

A teoria que apoia o uso do *Role-play* no ensino das ciências defende que, sendo uma aprendizagem “activa”, “experimental” e “centrada no aluno”, na qual as crianças são encorajadas a envolverem-se física e intelectualmente nas lições, lhes permite exprimirem-se em contextos científicos e compreenderem conceitos mais difíceis (Taylor, 1987 in McSharry e Jones, 2000). Livingstone (1983 in Alkin e Christie, 2002) defende que o *Role-play* promove a interacção na sala de aula e a aprendizagem inter-pares, que aumentam a motivação. As aulas em que se utiliza o *Role-play* tendem a criar ambientes com menor ansiedade e receios (Alkin e Christie, 2002) que facilitam o processo de aprendizagem. Além disso, permitem a participação mais activa dos professores enquanto participantes no *Role-play* e não apenas como observadores.

McSharry e Jones (2000) destacam cinco razões para considerarem o *Role-play* uma ferramenta educativa valiosa:

- É uma opção que os professores de ciências podem utilizar para ligar o seu trabalho a “um lado da educação mais sentido, mais criativo e como um método de aumentar a manipulação de factos científicos pelas crianças”. Por exemplo, pedir aos alunos que descrevam o ciclo da água no papel de apresentadores televisivos da meteorologia.
- Dá às crianças e jovens o sentido de posse pela sua educação. Este sentido de posse refere-se à forma como as crianças facilitam as suas aprendizagens pela criação dos seus próprios *Role-plays* através de

trabalho escrito ou improvisado. Por exemplo, para explicar a forma como os planetas orbitam em torno do Sol.

- Pode ser usado efectivamente para abordar assuntos morais ou éticos incluídos nos *curricula*. Por exemplo, debates sobre a produção de alimentos geneticamente modificados.
- Pode ajudar as crianças e jovens em todo o espectro das suas necessidades educativas para “interpretar o seu lugar no mundo”. Por exemplo, *Role-plays* como os que descrevem as relações entre predador-presa ou porque existe dia e noite, constituem oportunidades de experienciarem estes acontecimentos de uma forma física, que pode ser mais apropriada para o seu tipo de aprendizagem.
- Muitos *Role-plays* baseiam-se em analogias que ajudam as crianças e jovens a conceptualizar e aumentam significativamente as aprendizagens. Por exemplo, *Role-plays* sobre a teoria cinética, corrente eléctrica, e interacções anticorpo-antigénio.

Apesar de todas estas vantagens, McSharry e Jones (2000) consideram que o *Role-play* é subestimado e subutilizado nas aulas de ciências, muitas vezes devido a equívocos sobre o que é e como pode ser utilizado no ensino das ciências. Esta ideia é apoiada por Alkin e Christie (2002). Muitos professores, segundo os primeiros, parecem recear esta forma de ensino mais activo, por entenderem que podem “perder o controle” da turma uma vez que o *Role-play* pode conduzir a comportamentos desregrados, sendo bastante difícil de ensinar (as simulações, em particular), o que requer um grande discernimento, habilidade e sensibilidade para dinâmicas de grupo, por parte do professor. Para contornar estas dificuldades é fundamental um bom planeamento, a explicação clara e objectiva das regras e que a actividade escolhida seja credível para todo o grupo. Os autores destacam ainda a importância de rever e avaliar as actividades, através do diálogo com os alunos, de forma escrita ou outra mais criativa ou ainda como introdução de um tema relacionado com o assunto.

McSharry e Jones (2000) apresentam uma classificação das actividades de *Role-play* em 7 categorias:

- **Experiências/ Investigações** – de que é exemplo qualquer actividade experimental;
- **Jogos** – por exemplo, actividades “cut-and-stick”; jogos de tabuleiro; jogos de cartas ou dados; jogos de memória;
- **Apresentações** – onde incluem os jogos de papéis; um programa de rádio ou televisão (tipo prós e contras); peças de teatro sobre ciência;
- ***Role-play* metafórico** – esculturas humanas; mímica ou charadas, por exemplo;
- ***Role-play* análogo** – usa os alunos como objectos ou elementos de uma teoria científica;
- **Simulações** (ou ***Role-play* moral/ético**) – debates; simulação de reuniões ou julgamentos, por exemplo;
- **Teatro na educação** – companhias de teatro que encorajem a participação da audiência.

As actividades desenvolvidas no âmbito deste trabalho de investigação incluem-se, segundo as características apresentadas nesta classificação, nas Experiências/ Investigações, Jogos e Simulações.

2.3. O ensino da temática das Enzimas

2.3.1. Enzimas - conceito e perspectiva histórica

As enzimas são catalisadores moleculares que aumentam a velocidade das reacções químicas nas células vivas, facilitando a conversão de um substrato específico num determinado produto. A maior parte das enzimas são proteínas, apesar de existirem já exemplos importantes de RNAs catalíticos ou ribozimas (e.g. Weil, 2000).

A descoberta das enzimas é algo difícil de determinar historicamente. Actualmente a sua descoberta é atribuída aos franceses Anselme Payen e Jean-François Persoz, que em 1833 trataram um extracto aquoso do malte com etanol do qual precipitou uma substância que se decompunha com o aquecimento e que promovia a hidrólise do amido. Esta substância que denominaram de diastase (do grego “separar”) foi mais tarde renomeada de amilase (Marini, 2007).

Em 1835, Berzelius demonstrou que o extracto de sementes de cevada catalisava a hidrólise do amido de forma mais eficiente do que o ácido sulfúrico. Considera-se que Berzelius cunhou o termo “catálise” (Marini, 2007).

Nos seus primórdios, a enzimologia, ramo da bioquímica que estuda as reacções enzimáticas, centrou-se no processo de fermentação. Muitas adegas interessavam-se por descobrir novas formas de acelerar e otimizar o processo de fermentação dos seus vinhos, diversificando produtos e minimizando o seu tempo de produção (Weil, 2000).

Era já sabido, entre o final do século XVII e início do século XVIII, que secreções estomacais de ruminantes eram capazes de digerir a carne; era também conhecida a conversão de amido a açúcares pela saliva e extractos vegetais. O mecanismo subjacente a estas transformações não era, no entanto, conhecido (Bensaude-Vincent e Stengers, 1992).

No século XIX, crescia a controvérsia científica sobre a natureza da fermentação em microrganismos, como as leveduras, que adicionados a sumos de fruta induziam a produção de álcool. Louis Pasteur defendia a fermentação como sendo uma parte essencial do ciclo de vida destes microrganismos. Postulou ainda que o processo de fermentação – a conversão de açúcar em álcool – não podia ser separada do organismo vivo. Pasteur declarou que “a fermentação alcoólica é um acto correlacionado com a vida e organização das células do fermento, e não com a sua morte ou putrefacção” (Buchholz *et al.*, 2005).

Os alemães Georg Ernst Stahl e Justus von Liebig, químicos do século XVII e XVIII respectivamente, defenderam a teoria química da fermentação segundo a qual existiria nas células das leveduras alguma substância ou grupo de substâncias químicas que catalisavam a conversão do açúcar em álcool. Em

1860, Pierre Berthelot extraiu, de leveduras, um precipitado alcoólico que converteu sacarose nos seus dois monossacarídeos constituintes, glicose e frutose. Este feito veio apoiar a teoria química da fermentação. Mais tarde, em 1878, Wilhelm Kuhne sugeriu pela primeira vez o termo “enzima” (palavra grega *ενζυμον*) para designar a substância que catalisa reacções – enzima significa literalmente “em levedura”. O termo passou a ser mais tarde usado apenas para as proteínas com capacidade catalítica, enquanto que o termo “fermento” se refere à actividade exercida por microrganismos. O sufixo “ase” começou a ser utilizado na nomenclatura enzimática cinco anos mais tarde (Weil, 2000).

Em 1874, em Copenhaga, na Dinamarca, Christian Hansen fundou a primeira empresa de comercialização de preparações enzimáticas, utilizadas em grande parte para a produção de queijo (Buchholz e Poulson, 2000 *in* Buchholz *et al*, 2005).

A controvérsia entre os argumentos biológicos e químicos para a natureza das enzimas aumentou quando, em 1897, o químico e físico alemão Eduard Büchner triturou células de levedura e filtrou o extracto formado, constatando que, adicionando glicose, frutose ou maltose, se produzia CO₂ e etanol e demonstrando que é possível a fermentação completa de açúcar na ausência de células vivas. Esta descoberta valeu-lhe o prémio Nobel da Química em 1907. Alguns cientistas defendiam que as proteínas, associadas à actividade enzimática, apenas eram o suporte da verdadeira enzima e incapazes, por si próprias, de catalisar reacções. Mais tarde, em 1926, o americano James Sumner purificou e cristalizou a primeira enzima, a urease, a partir de feijões, algo que na altura se considerava impossível. Em 1937, fez o mesmo para a catalase. Sumner ganhou o Nobel da Química em 1946, prémio partilhado com os bioquímicos americanos John Northrop e Wendell Stanley, que isolaram três enzimas digestivas – a pepsina, a tripsina e a quimotripsina, por processos semelhantes. Estava aberto o caminho para a descoberta de outras enzimas e demonstrada a sua natureza proteica. No seu discurso de recepção do Nobel, Northrop faz referência a cerca de vinte enzimas que teriam entretanto sido descobertas. A cristalização de proteínas permite, ainda hoje, descobrir a sua estrutura molecular e perceber o seu funcionamento (Bensaude-Vincent e Stengers, 1992).

O britânico J.B.S. Haldane é outro nome incontornável na história das enzimas. Em 1930, escreveu o tratado “Enzimas”, onde sugeria que as interações por ligações fracas, entre a enzima e o seu substrato, poderiam ser usadas para catalisar a reacção (Weil, 2000).

Outras experiências revelaram que as enzimas podem ser usadas como catalisadores fora de células vivas e vários processos enzimáticos foram patenteados (Buchholz *et al.*, 2005).

Actualmente, uma pesquisa rápida pela internet, permite-nos descobrir várias bases de dados sobre enzimas das quais se salienta a Brenda – BRaunschweig ENzyme DAtabase - a maior base de dados pública sobre enzimas que continha, em 2008, cerca de 4800 entradas sobre as seis principais classes de enzimas (Chang *et al.*, 2009).

2.3.2. Importância biológica das enzimas

As enzimas podem ser encontradas na natureza, no nosso organismo, no ambiente e em todos os seres vivos. Sem elas a vida simplesmente não é possível. Elas desempenham um papel fundamental na conversão da luz ou da energia das ligações químicas em ATP; na transformação de nutrientes contendo carbono e azoto em metabolitos utilizáveis pelas células; na replicação e expressão da informação genética e na detecção e transdução de sinais químicos externos à célula (e.g. Deutch, 2007).

Em 1961, a Comissão para as Enzimas, da União Internacional de Bioquímica, estabeleceu uma classificação à qual, regularmente, têm sido publicados vários aditamentos e revisões. Segundo esta comissão, as enzimas podem ser classificadas de acordo com o tipo de reacção que catalisam, havendo seis classes oficialmente aceites: oxidorreductases (que catalisam reacções de oxidação-redução), transferases (que catalisam transferência de grupos químicos entre duas moléculas), hidrolases (que catalisam reacções de hidrólise), liases (que catalisam a formação de ligações duplas ou adição de grupos químicos a

ligações duplas), isomerases (que catalisam reacções de isomerização) e ligases (que catalisam o estabelecimento de ligações químicas com quebra de ATP) (e.g. Weil, 2000). Na classificação considerada, dentro de cada grupo há ainda subgrupos, sendo atribuído a cada enzima um código numérico. Este tipo de classificação, embora mais corrente, não é tão prática, sendo ainda de uso frequente a classificação inicialmente proposta.

2.3.3. Aplicações biotecnológicas das enzimas

Desde a Primeira Guerra Mundial, a “zymologia” foi rebaptizada como “biotecnologia” (Bensaude-Vincent e Stengers, 1992). A Biotecnologia poderá, no entanto, encontrar as suas origens nas primeiras utilizações na Antiguidade para resolver problemas de alimentação (EIBE, 1999). Não existe uma definição universalmente aceite de Biotecnologia, já que esta tem sido moldada por factores culturais ao longo dos tempos. Algumas definições encontradas em EIBE (1999) são, por exemplo:

- “O uso de organismos para produzir produtos úteis” (de que é exemplo a panificação);
- “O uso de microorganismos para tornar algo de valor limitado num produto útil.” (de que são exemplos as leveduras na produção de cerveja ou os lactobacilos na produção de iogurte)
- “A alteração de parte do DNA de (micro)organismos para os tornar mais úteis” (por exemplo, a utilização de bactérias recombinantes para produção de hormonas).

Segundo Macedo, *et al.* (2003) a biotecnologia pode ser definida, numa perspectiva mais alargada, como a utilização de seres vivos viáveis, ou porções deles activas, para a produção de bens e serviços. Dentro desta definição de biotecnologia inclui-se a manipulação genética, a utilização de enzimas e a engenharia de proteínas, a tecnologia de cultura de tecidos animais e vegetais, os biossensores para monitorização biológica e a tecnologia de processos bioquímicos. A biotecnologia é, assim, uma ciência multidisciplinar que engloba,

por exemplo, a química orgânica, a bioquímica, a microbiologia, a biologia molecular e a engenharia.

Em Portugal, a Biotecnologia compreende quatro principais áreas: Biotecnologia Ambiental, Alimentar, Agrícola e da Saúde. O sector português de Biotecnologia tem experimentado, ao longo dos últimos anos, um importante e significativo aumento no número de empresas criadas. Dados do Directório Português de Biotecnologia 2006 (APBio, 2007) indicavam a existência de 40 empresas de Biotecnologia em Portugal, sendo que a maioria das quais foi criada entre 2001 e 2006. Com a crescente evolução deste sector, surgiram cursos vocacionados para o mercado de trabalho nesta área, em várias universidades (desde a UTAD, em Braga, a UA, em Aveiro, a UC, em Coimbra até à UALG, em Faro, apenas para referir algumas) e portais de divulgação científica, tecnológica e empresarial no sector da Biotecnologia, como é o caso do Portal Biotec-Zone disponível em www.biotec-zone.net.

Em 2005 surgiu também a 1ª Edição das Olimpíadas da Biotecnologia organizadas pela Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa em colaboração com a Sociedade Portuguesa de Biotecnologia, dirigidas aos alunos do ensino secundário (SPBT, 2010).

As excelentes propriedades das enzimas são utilizadas em diversos processos biotecnológicos, constituindo a tecnologia enzimática. Por exemplo, elas podem ser utilizadas como biocatalisadores em reacções químicas, a nível industrial, em grande escala e de forma sustentável – reacções bioquímicas ou biotransformações (Macedo *et al.*, 2003). As suas aplicações são inúmeras: alimentação, produção animal, medicina e farmacêutica, química, indústria têxtil, higiene, ambiente, entre outros (Buchholz, 2005; Spencer-Martins e Sá-Nogueira, 2003). Nos últimos cinquenta anos, o rápido aumento do nosso conhecimento sobre enzimas - bem como dos seus processos de biossíntese e biologia molecular - permitiu o seu uso racional como biocatalisadores nas várias áreas da biotecnologia. Como resultado deste progresso científico, surgiram várias empresas de produção biotecnológica como é o caso do Grupo Internacional Novozymes, sediado na Dinamarca e que produz mais de 700 soluções

biotecnológicas que são usadas diariamente em milhares de produtos em 130 países, desde a alimentação, biocombustíveis, têxteis e biofarmacêutica (Novozymes, 2009). Actualmente as empresas biotecnológicas envolvidas na comercialização de produtos terapêuticos, de diagnóstico e enzimas, apresentam lucros na ordem dos milhões de euros anuais. No entanto, a indústria alimentar continua a dominar o cenário da biotecnologia em termos económicos (Spencer-Martins e Sá-Nogueira, 2003).

Na área da biotecnologia dos alimentos, as enzimas são utilizadas na indústria alimentar para acelerar reacções químicas específicas como por exemplo, na produção de xaropes com maior poder adoçante, de sumos mais límpidos e de carnes mais tenras. Actualmente esta área utiliza três grupos de transformações biotecnológicas de alimentos: transformação por catálise enzimática (a qual requer enzimas produzidas por organismos vivos), transformação por catálise microbiana (a qual requer microrganismos viáveis) e transformação genética (a qual requer alterações deliberadas dos ácidos nucleicos das células do próprio alimento ou de microrganismos a adicionar ao alimento) (Macedo *et al.*, 2003).

A utilização da catálise enzimática para a transformação de alimentos apresenta várias vantagens para a indústria alimentar (Godfrey e West, 1996) das quais se destacam as seguintes:

- possibilidade de produção em grande escala;
- constância na qualidade final;
- uniformização de matérias-primas de fontes diversas (obtidas em locais diferentes e sob condições climáticas não uniformes);
- alteração de características sensoriais de acordo com exigências do mercado;
- aceleração do processo produtivo sem efeitos sobre as qualidades finais dos produtos.

Uma vez que as reacções catalisadas por enzimas ocorrem, na maior parte dos casos, em meio aquoso, à temperatura ambiente e sob pH neutro, a biocatálise pode ser considerada ainda como não poluente, uma vez que não há

necessidade de recorrer a elevadas temperaturas e pressões, ou valores extremos de pH, que poderiam conduzir a degradações indesejadas, bem como à formação de resíduos incómodos (Fernandes *et al.*, 2003).

Os processos de catálise enzimática são influenciados por inibidores (qualquer agente químico cuja presença reduza a actividade de uma enzima), pelo pH e pela temperatura. Os inibidores podem actuar de várias formas, durante o processo de catálise enzimática, e são muitos os inibidores enzimáticos conhecidos, pelo que, sempre que possível, devem ser criadas condições para que a sua presença seja evitada, de forma a maximizar a prestação catalítica das enzimas (Macedo *et al.*, 2003).

Relativamente ao pH, este afecta a actividade enzimática uma vez que as enzimas, sendo proteínas, são constituídas por sequências específicas de aminoácidos, unidos entre si por ligações peptídicas, em que alguns dos monómeros possuem grupos laterais básicos ou ácidos. Assim, as enzimas contêm, sob qualquer microambiente, grupos carregados negativamente e outros positivamente para um dado pH. Alguns destes grupos ionizáveis afectam a capacidade catalítica da enzima, ou porque fazem parte do seu sítio activo ou porque interferem com a arquitectura tridimensional deste, pelo que cada enzima apresenta um pH óptimo de funcionamento. À medida que o pH se afasta desse valor, a actividade da enzima diminui, podendo, em condições extremas, ocorrer desnaturação da enzima, ou seja, destruição da sua estrutura secundária, terciária e/ou quaternária (e.g. Weil, 2000).

Mudanças de temperatura também afectam as reacções enzimáticas de várias formas, por exemplo, alterando: a estabilidade da enzima, o pH da solução tampão, a afinidade da enzima para inibidores, a taxa de ocorrência de reacções competitivas, a afinidade enzima-substrato, a velocidade de quebra do complexo enzima-substrato, entre outras. As enzimas apresentam uma temperatura óptima de actuação, em que a sua actividade é máxima, sendo reduzida quando a temperatura se afasta desse valor. A temperatura muito superior ao óptimo, as enzimas sofrem desnaturação porque as ligações intramoleculares são afectadas, corrompendo a sua conformação espacial (e.g. Weil, 2000).

Todas as enzimas usadas na biotecnologia alimentar têm origem em seres vivos, sejam plantas, animais ou microrganismos. Na Tabela 6 apresenta-se uma listagem de enzimas utilizadas actualmente na indústria alimentar. Macedo *et al* (2003) referem que factores como a disponibilidade (e.g. muitas enzimas só se encontram em células animais), a sua aplicabilidade (e.g. existem enzimas resistentes a temperaturas elevadas), o custo (e.g. derivado da relativa morosidade e fraco rendimento do processo de extracção) e as leis do mercado (e.g. procura de carne de vitelo), condicionam a escolha da fonte enzimática. Além disso, utilizam-se hoje em dia, muitas enzimas recombinantes produzidas por engenharia genética, e que usam microrganismos como hospedeiros. (Fernandes *et al.*, 2003; Macedo *et al.*, 2003; Spencer-Martins e Sá-Nogueira, 2003).

Tabela 6: Enzimas utilizadas na indústria alimentar (Adaptado de Macedo *et al.*, 2003)

	Fonte	Enzima	Aplicação
Animal	Pâncreas animal	Tripsina	Tenderização de carne Clarificação de cerveja
	Pâncreas animal	Lipase	Desenvolvimento de sabor em produtos lácteos
	Estômago de ruminante Estômago de ruminante jovem	Pepsina Quimosina	Tenderização de carne Fabrico de queijo
Vegetal	Cardo (<i>Cynara cardunculus</i> , L.)	Cardosinas	Fabrico de queijo
	Papaia	Papaína	Clarificação de cerveja Tenderização de carne
	Ananás	Bromelaína	Clarificação de cerveja Tenderização de carne
	Figo	Ficina	Clarificação de cerveja Tenderização de carne
	Cevada/ Malte	Diastase	Fabrico de xarope edulcorante Suplemento para pão
Microbiana	<i>Aspergillus oryzae</i>	Diastase	Fabrico de xarope edulcorante Suplemento para pão
	<i>Bacillus subtilis</i>	Amilase	Fabrico de xarope edulcorante Fermentação alcoólica Fabrico de glucose
	<i>Rhizopus niveus</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Endomycopsis fibuliger</i>	Amiloglucosidase	Fabrico de glucose

Tabela 6: Enzimas utilizadas na indústria alimentar (Adaptado de Macedo *et al.*,2003)
(continuação)

Fonte		Enzima	Aplicação
Microbiana	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Streptomyces griseus</i> <i>Aspergillus niger</i>	Protease	Tenderização de carne
	<i>Lactobacillus brevis</i> <i>Bacillus coagulans</i> <i>Arthrobacter simplex</i> <i>Actinoplanes missourensis</i>	Glucose isomerase	Conversão de glucose a frutose
	<i>Aspergillus niger</i>	Glucose oxidase	Fabrico de ovo desidratado
	<i>Rhizopus miehei</i> <i>Aspergillus niger</i>	Lipase	Desenvolvimento de sabor em produtos lácteos
	<i>Candida sp.</i> <i>Aspergillus niger</i>	Catalase	Esterilização de leite
	<i>Aspergillus niger</i>	Lactase	Leite com lactose hidrolizada Pastilhas para intolerantes à lactose
	<i>Mucor sp.</i> <i>Aspergillus niger</i>	Coalho	Fabrico de queijo
	<i>Aspergillus niger</i>	Naringinase	Remoção de sabor amargo em sumos de citrinos
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Invertase	Pastelaria Fabrico de chocolate
	<i>Sclerotinia libertina</i> <i>Coniothyrium diplodiella</i> <i>Aspergillus oryzae</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus flavus</i>	Pectinase	Clarificação de sumos Remoção de pectinas Concentração de café

Das enzimas utilizadas na indústria alimentar, pelo menos 75% são hidrolases, sendo utilizadas sobretudo na despolimerização de substâncias naturais (Godfrey e West,1996).

2.3.4. A temática associada às enzimas no Ensino Básico e Secundário

Devido à importância das enzimas, quase todos os *curricula* de ciências incluem uma abordagem às propriedades gerais das enzimas e sugerem a realização ou, na maior parte das vezes, a interpretação de uma actividade experimental onde é investigada a actividade de uma determinada enzima. De

entre as propriedades gerais de uma reacção enzimática, focam-se a dependência da velocidade da reacção em função da concentração da enzima e do substrato, a especificidade das enzimas para um determinado substrato ou grupo de substratos, a sensibilidade das enzimas para elevadas temperaturas ou pHs extremos e a regulação da actividade enzimática por outros compostos que podem actuar como inibidores ou activadores enzimáticos (e.g. DEB, 2001b; DES, 2004a).

Actualmente, no ensino básico, o tema das enzimas é apenas abordado, com alguma profundidade, no 9ºano de escolaridade, na disciplina de Ciências Naturais, tema “Viver Melhor na Terra”, e enquadrado no estudo do Sistema Digestivo – Unidade “Organismo Humano em equilíbrio” – Sistemas neurohormonal, cardio-respiratório, digestivo e excretor em interacção. (DEB, 2001b).

No ensino secundário, o estudo das enzimas está previsto em diversos anos de escolaridade, em algumas disciplinas, com diferentes graus de aprofundamento, de acordo com o curso escolhido pelos alunos, conforme se apresenta na Tabela 7 (DES, 2001; DES, 2002; DES, 2004; DES, 2004a).

Tabela 7 - Abordagem pedagógica do estudo das enzimas no Ensino Secundário

Ano de escolaridade	Curso	Disciplina	Unidade do programa em que está inserido o estudo das enzimas
10ºano	Científico Humanístico de Ciências e Tecnologias	Biologia e Geologia	Unidade 1 – Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos (2ª parte do programa - Biologia)
10ºano	Tecnológico de Desporto	Biologia Humana	Unidade 1 – As biomoléculas constituintes do corpo humano (Actividade enzimática) Unidade 3 – Obtenção de nutrientes (Enzimas digestivas)
12ºano	Científico Humanístico de Ciências e Tecnologias	Biologia	Unidade 4 – Produção de alimentos e sustentabilidade

Tabela 7 - Abordagem pedagógica do estudo das enzimas no Ensino Secundário
(continuação)

12ºano	Científico Humanístico de Ciências e Tecnologias	Química	Unidade 1 – Metais e Ligas Metálicas (1.3.4. Catalisadores biológicos: enzimas e a química da vida e Catálise enzimática)
--------	---	---------	---

O programa da disciplina de Biologia e Geologia do 10ºano (DES, 2001) apenas faz referência ao conceito de enzima. Não são propostas quaisquer actividades experimentais sobre o tema.

O programa da disciplina de Biologia Humana do 10ºano (DES, 2002) aconselha ao planeamento e execução de procedimentos laboratoriais, de cariz experimental, que permitam recolher evidências sobre os factores que condicionam a actividade enzimática, nomeadamente a variação da temperatura, do pH, da concentração do substrato e da concentração de enzima, integrando testes laboratoriais de identificação de biomoléculas (por exemplo para identificar substratos e produtos de reacção). Sugere a utilização da catalase ou da amilase nestas actividades, que deverão envolver os alunos no planeamento de procedimentos experimentais simples.

O programa da disciplina de Biologia do 12ºano (DES, 2004a) indica que a pesquisa de aspectos relativos à indústria alimentar deve permitir ao aluno o planeamento e execução de actividades laboratoriais, de cariz experimental, que evidenciem processos utilizados na produção e conservação de alimentos (e.g. produção de vinagre, iogurte,...), bem como factores que condicionem a actividade metabólica dos microrganismos nela envolvidos, nomeadamente variações de temperatura, pH, ou concentração de substrato / enzimas. Sugere que estes processos de experimentação envolvam a utilização de sensores e posterior tratamento informatizado de dados. Propõe a realização de sessões plenárias, nas quais os alunos apresentem e discutam as montagens experimentais realizadas, assim como os resultados obtidos. Recomenda, também, a análise e interpretação de dados experimentais (gráficos e/ou tabelas) existentes na bibliografia.

O programa da disciplina de Química do 12ºano (DES, 2004) sugere a realização de uma actividade laboratorial, de carácter não obrigatório, sobre catálise enzimática para estudo do efeito da temperatura e de um inibidor sobre uma reacção bioquímica. Define como objectos de ensino, nesta actividade, determinar experimentalmente a variação da rapidez de uma reacção química catalisada por variação da temperatura e por adição de um inibidor; como objectivos de aprendizagem, explicar a necessidade de um rigoroso controlo de variáveis, traçar um gráfico de rapidez da reacção química em função da temperatura, traçar um gráfico de rapidez da reacção química em função da quantidade de inibidor, interpretar os gráficos obtidos e elaborar tabelas para registo de resultados. Como sugestões metodológicas, descreve procedimentos sobre como obter a catalase a partir de batata crua ou fígado cru. Indica que os alunos deverão propor protocolos, tendo em conta quais as variáveis a controlar (por exemplo, tempo e volume de oxigénio libertado) e o material disponível no laboratório. Dá indicações sobre materiais e reagentes e sugestões para avaliação, como seja: a) a selecção de variáveis a controlar e do material adequado; b) o registo de medições, na forma da tabela; c) a qualidade do gráfico elaborado e o uso do gráfico para prever o valor ideal de temperatura para a maior rapidez de reacção; d) crítica dos erros e da sua importância relativa e e) identificação das partes do procedimento que conduziram a erros e aquelas que ajudaram a minimizá-los.

Nos Estados Unidos da América, o ensino das enzimas está previsto para os alunos para os níveis 5-8 (Estrutura e função dos sistemas biológicos) ou para os níveis 9-12 (Matéria, energia e organização dos sistemas biológicos), na disciplina de Biologia, de acordo com o Life Science Standards (Deutch, 2007).

McBroom e Oliver-Hoyo (2007) propõem duas actividades laboratoriais, de cariz investigativo, para o ensino secundário, que demonstram o papel das hidrolases e das oxidoredutases encontradas em alimentos comuns:

- na actividade *“My Jello doesn’t jiggle, it runs!”* é proposto aos alunos que planifiquem uma experiência para testar o efeito da temperatura, do

pH e da concentração de substrato na actividade da bromelaína, uma enzima presente no ananás.

- na actividade “*Apples are red, bananas are yellow – why are these brown?*” é proposta também a planificação de uma actividade experimental para testar a eficácia de diferentes soluções para reduzir o escurecimento enzimático de frutos recém-cortados.

A Nacional Science Teachers Association - NSTA (1996) propõe a actividade “*How eggsciting!*”, para a disciplina de Química, no ensino secundário americano, na qual os alunos planeiam uma actividade experimental para estudar a acção da pepsina sobre o ovo e os efeitos da temperatura e do pH sobre a actividade da enzima.

Harms (2002) refere que, para os alunos europeus com cerca de 15 anos, e para o estudo da fisiologia humana, as enzimas e a tecnologia enzimática podem ser usadas como tema central, por exemplo, através de actividades simples como a degradação de pectina no contexto da produção de sumos (*Peeling* enzimático de citrinos).

Na Irlanda (NCCA, 2006), o estudo das enzimas no *curriculum* de Ciências do “Junior Cycle” está incluído no tema 1A – Biologia Humana – Alimentação, Digestão e outros Sistemas do Organismo. A Secção 1A3 sobre Enzimas sugere estratégias de aprendizagem tais como:

- usar um modelo para explicar o processo de digestão, com um tubo de diálise, amido e amilase e testes de identificação de substâncias;
- usar modelos de átomos ou cadeias moleculares para explicar a quebra de grandes moléculas pelas enzimas e identificar substratos, produtos e enzima;
- discutir o papel das enzimas no dia-a-dia. Usar por exemplo uma solução de detergente em pó e placas de agar-leite para mostrar como as enzimas funcionam nestes detergentes.

Sugerem a ligação deste tópico a outros, tais como, a química na indústria alimentar, enzimas usadas no fabrico da cerveja, enzimas como catalisadores, respiração e controlo de libertação de energia.

Propõem ainda duas actividades de ampliação de conhecimentos:

- desenhar uma investigação que demonstre o efeito da alteração de uma variável (e.g. temperatura ou pH) na actividade enzimática.
- desenhar uma investigação para testar se é melhor lavar a 40°C ou a 60°C, quando se usa biodetergentes em pó.

O tema das enzimas é ainda abordado aquando do estudo da fotossíntese, em particular a amilase, e no estudo da reprodução e germinação de plantas (relacionadas com a conversão de amido em maltose nas sementes e a biotecnologia no fabrico de cerveja, muito adequados ao país em questão e à grande importância da fabricação de cerveja para a economia do país.

Marini (2005) desenvolveu actividades de cariz experimental, para os seus alunos italianos do ensino secundário, nas quais usa a α -amilase da saliva humana, a β -amilase de sementes de cevada (*Hordeum vulgare*) e a invertase das leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*), que refere possibilitarem o estudo das enzimas numa perspectiva epistemológica.

Ketpichainarong (2009) desenvolveu uma actividade laboratorial de tipo investigativo, orientada, para os alunos tailandeses do ensino secundário (10ºano) e universitário, utilizando a reacção de catálise enzimática celulase-celulose.

As propostas actuais vão no sentido de se realizarem trabalhos laboratoriais/ experimentais sobre enzimas de restrição no ensino secundário (Harms, 2002; McLaughlin e Glasson, 2003). Nos últimos vinte anos surgiram várias organizações de divulgação científica que disponibilizam materiais pedagógicos sobre as aplicações da biotecnologia, nomeadamente das enzimas de restrição. São exemplos destas organizações e Projectos: o Projecto European Initiative for Biotechnology Education (EIBE), disponível em www.eibe.com, o National Centre for Biotechnology Education (NCBE), disponível em www.ncbe.reading.ac.uk, o Biotechnology and Biological Sciences Research Council (BBSRC), disponível em www.bbsrc.ac.uk, a Biosciences Productions, Inc, disponível em www.actionbioscience.org, e o National Center for

Biotechnology Information (NCBI), disponível em www.ncbi.nlm.nih.gov. No entanto, no nosso país, muitas escolas não se encontram ainda equipadas de forma a se poderem realizar estas actividades, sem que, por exemplo, se garanta a esterilização do equipamento ou a não contaminação do material biológico. Além disso, o custo elevado de reagentes e equipamentos tem condicionado a sua aquisição pelas escolas. Estas razões são normalmente uma das mais apontadas pelos professores para justificar a não realização de trabalho laboratorial, tal como concluiu Vieira (2006). Assim sendo, as actividades como as que se propõem neste trabalho, sobre as enzimas alimentares constituem, na nossa opinião, uma boa alternativa para o trabalho laboratorial no ensino básico e secundário.

Capítulo III:

Metodologia

3.1. Enquadramento Metodológico

Com base na fundamentação teórica descrita no Capítulo anterior, a autora desta investigação desenvolveu um conjunto de actividades práticas com estratégias diferenciadas, que apresenta numa proposta de abordagem pedagógica (Secção 3.4) para a disciplina de Biologia do 12ºano de escolaridade do Curso Científico-humanístico de Ciências e Tecnologias, referente aos conteúdos “Fermentação e actividade enzimática” e “Conservação, melhoramento e produção de novos alimentos” na Unidade IV - “Produção de alimentos e sustentabilidade”.

Foram ainda desenvolvidos instrumentos de avaliação para testar a evolução dos alunos e as competências por eles adquiridas. Neste Capítulo faz-se a descrição pormenorizada de cada uma das actividades desenvolvidas e dos instrumentos de avaliação utilizados.

A temática do estudo e amostra deste trabalho de investigação foram escolhidas tendo em conta os focos de interesse da autora e as turmas que lhe foram atribuídas no ano lectivo 2007/2008, na altura a leccionar na Escola Secundária de Bombarral. Assim sendo, a amostra era constituída pelos dezasseis alunos da turma A, do 12ºano de escolaridade, que frequentaram a disciplina de Biologia. O estudo constitui um estudo de caso.

Relativamente à metodologia deste trabalho de investigação, utilizaram-se métodos qualitativos e quantitativos, indicados nas secções seguintes.

3.2. Análise dos manuais escolares portugueses do 3ºCiclo do Ensino Básico e Secundário

Após a revisão bibliográfica, foi feita uma análise dos manuais escolares portugueses, tendo como objectivo identificar o tipo de actividades sugeridas sobre a temática das enzimas. Foram analisados 7 manuais escolares (manuais do professor) do 9ºano de escolaridade para a disciplina de Ciências Naturais e 7 manuais escolares (manuais do professor) do ensino secundário para as disciplinas de Biologia e Geologia e Biologia Humana do 10ºano, Biologia e

Química do 12ºano. Relativamente ao ensino secundário, optou-se por analisar apenas as actividades práticas de carácter laboratorial, experimental ou investigativo propostas nos manuais, já que todos apresentam uma fundamentação teórica adaptada ao nível de escolaridade e à disciplina em questão. Os resultados da análise são apresentados no Capítulo IV (4.1.).

3.3. Caracterização da escola, do meio onde se insere e da amostra dos alunos

A caracterização que se apresenta de seguida foi elaborada com base no Regulamento Interno da Escola Básica e Secundária de Bombarral (ERSB, 2006) e nas fichas socio-afectivas preenchidas pelos alunos, no início do ano lectivo de 2007/2008, e que foram disponibilizadas à autora deste estudo pela directora da turma A do 12ºano.

A Escola Secundária de Bombarral (actual Escola Básica e Secundária Fernão do Pó) fica situada numa das vias principais da cidade do Bombarral, entre Óbidos, Caldas da Rainha, Cadaval e Lourinhã, servindo todo o concelho com o mesmo nome, com uma população de mais de 13 000 habitantes. Entrou em funcionamento há cerca de 30 anos.

A parte edificada é composta por um edifício com um estado de conservação e manutenção abaixo do que se pode considerar suficiente, além de alguns pisos degradados, que criam já alguns riscos. Possui três salas adaptadas para laboratórios de Física, Química e Biologia. Para as aulas práticas de Biologia é normalmente utilizado um laboratório bastante degradado apesar de possuir uma boa diversidade de equipamentos, em bom estado de conservação. A falta de espaço, no entanto, impossibilita muitas vezes a sua regular utilização. Actualmente a escola encontra-se a sofrer obras de reestruturação.

O corpo docente da escola é estável. Mais de 90% dos professores pertence ao quadro da escola, a distribuição por classes etárias é equilibrada, o rácio é de 1 professor para 8 alunos. Os serviços de Administração Escolar têm funcionários na proporção de 1 para cada 60 alunos e os Auxiliares de Acção Educativa, de 1

para cada 20 alunos. Há, ainda, uma psicóloga para o apoio psicopedagógico e orientação escolar.

No ano de 2006/2007 a escola serviu 738 alunos, 117 dos quais em regime nocturno. Destes, 342 frequentaram o 3ºCEB (14 turmas) e 232 o Ensino Secundário, com 179 inscritos nos Cursos Científico-Humanísticos (9 turmas); seis no Curso Tecnológico e 53 em Cursos Profissionais (4 turmas). Tinham ainda 47 alunos a frequentar os Cursos de Educação e Formação (CEF), 73 em Cursos do Ensino Recorrente e 33 em Cursos de Educação e Formação de Adultos (EFA). Os alunos com necessidades educativas especiais permanentes (NEE) eram, na altura seis, embora os apoios se estendessem a três dezenas. O abandono escolar no ensino básico era de 0,3%. A diversidade linguística, cultural e étnica era insignificante. Nesse ano lectivo, 135 alunos solicitaram auxílios económicos (18%).

O ambiente próximo caracteriza-se por uma pequena expansão demográfica e pela estabilidade social, embora em transição para a sociedade industrial, a partir de uma base agrícola, ainda muito significativa. O estrato social e o grau de instrução das famílias de origem dos alunos são maioritariamente baixos: apenas 8% dos pais têm formação superior, enquanto 60% têm apenas o ensino básico, sendo mais de um terço trabalhadores indiferenciados.

A turma do 12ºA do ano lectivo 2007/2008 era constituída por 34 alunos, 11 do sexo masculino e 23 do sexo feminino. A média de idades era os 17 anos. Dezasseis alunos viviam na vila do Bombarral, 16 fora da vila e apenas 2 alunos eram de fora do concelho. Os agregados familiares eram, em média, constituídos por 4 elementos. Relativamente aos pais, a idade situava-se entre os 41-50 anos, a grande maioria apenas com a escolaridade básica até ao 9ºano, e eram trabalhadores por conta de outrem.

Dezasseis alunos da turma repetiram pelo menos uma vez durante o seu percurso escolar. Metade dos elementos da turma afirmava estudar todos os dias, normalmente em casa e sem ajuda; apenas um aluno referiu ter ajuda nos estudos. Sete alunos já tinham tido apoio pedagógico na escola, sendo as disciplinas indicadas o Português e a Matemática.

Dezassete alunos transitaram sem negativas no ano anterior; oito tiveram uma negativa, seis alunos tiveram duas e dois alunos mais de duas. Apenas dois alunos não frequentaram a escola no ano anterior. Trinta alunos da turma afirmavam gostar da escola.

Quando questionados sobre as disciplinas preferidas, 22 afirmaram ser a Biologia e Geologia; 8 a Educação Física; 7 a Matemática; 6 o Português; 3 a Psicologia; 2 o Inglês e 1 a Físico-Química. Sobre as disciplinas que menos gostavam, 12 refiram o Português, seguido da Físico-Química (11 alunos) e da Matemática (7 alunos).

Apenas um aluno não pretendia prosseguir estudos no Ensino Superior. As actividades preferidas na sala de aula eram os trabalhos de grupo (17 alunos); aulas expositivas (20 alunos); trabalhos de pesquisa (14 alunos). Fichas de trabalho e trabalhos individuais também foram indicados por 9 e 1 alunos respectivamente.

Da turma do 12ºA frequentaram a disciplina de Biologia apenas 16 alunos, que representam a amostra deste estudo. Todos os 16 alunos frequentaram a disciplina pela primeira vez e todos, à excepção de um, foram alunos da autora desta investigação na disciplina de Biologia e Geologia do 11ºano, no ano anterior.

3.4. Abordagem pedagógica ao tema “Fermentação e actividade enzimática” no 12ºano de escolaridade

3.4.1. Proposta de planificação de actividades

A planificação que se propõe em seguida foi testada nos meses de Abril e Maio de 2008 e abrangeu 3 aulas de 120 minutos e 5,5 aulas de 90 minutos. Inclui quatro actividades - chave:

- Actividade de pesquisa bibliográfica

Um trabalho de pesquisa inicial sobre a cronologia de alguns marcos históricos da Biotecnologia, mostrando acontecimentos importantes da ciência e tecnologia e os progressos biotecnológicos desenvolvidos a partir deles nas áreas de medicina, alimentação, agricultura, ambiente, energia e reciclagem.

- Actividade laboratorial: Enzimas - processos tradicionais

A partir da questão-problema “É possível produzir queijo fresco utilizando plantas?” os alunos realizaram uma actividade laboratorial sobre um processo tradicional de produção de queijo.

- Actividade de *Role-play*: Papel das enzimas em alimentos do dia-a-dia

Foram colocadas duas situações-problema à turma, num contexto de *Role-play*, sobre a importância das enzimas em alimentos e produtos alimentares que usamos diariamente.

- Jogo das enzimas

Um jogo de tabuleiro onde os jogadores são confrontados com vários factores envolvidos na produção comercial de enzimas e suas aplicações.

A escolha destas actividades foi feita de modo a que o estudo das enzimas e dos factores que afectam a sua actividade, fosse o fio condutor das actividades a desenvolver. Além disso considera-se que estas propostas vão ao encontro dos pressupostos apresentados no Capítulo anterior e das sugestões metodológicas do Programa da disciplina de Biologia do 12ºano (DES, 2004a) por permitirem:

- Centrar os processos de ensino nos alunos, tendo em conta os seus conhecimentos prévios e valorizando as suas vivências e objectivos;
- Valorizar a realização de actividades práticas, de cariz laboratorial/ experimental que possibilitam aos alunos desenvolver e aperfeiçoar competências tão diversificadas como a pesquisa autónoma em diferentes suportes; planificação de percursos experimentais (com manipulação e controlo de variáveis); utilização de material de laboratório; execução de memórias descritivas e interpretativas das actividades realizadas; trabalho cooperativo; reforço das capacidades de expressão e o recurso às novas tecnologias de informação e comunicação.
- Explorar relações explícitas e recíprocas entre Ciência, Tecnologia e Sociedade uma vez que são centradas em contextos reais, com significado para os alunos. A sequência das 4 actividades propostas possibilita a mobilização de saberes de âmbito local, nacional e

internacional sobre a produção e conservação de alimentos, entre outros, por métodos tradicionais e algumas aplicações biotecnológicas recentes nesta área. Esta abordagem permite, por um lado a análise, discussão e compreensão de processos biológicos envolvidos e, por outro, perspectivar a evolução das técnicas usadas na produção e conservação de alimentos ao longo do tempo.

- Promover a exploração de situações problemáticas organizados numa perspectiva de resolução de problemas, em particular na actividade de *Role-play*, que inclui o desenvolvimento de actividades de planificação, pesquisa de informação, execução de actividades práticas, avaliação de resultados e a confrontação e avaliação de argumentos, assim como a síntese de informação.
- Integrar aspectos da história da ciência, em particular na actividade de pesquisa bibliográfica, com a realização de uma pesquisa sobre a construção do conhecimento científico de natureza biotecnológica possibilitando a apresentação da Ciência como um empreendimento que envolve processos pessoais e sociais.

Apresenta-se, na Tabela 8, uma planificação geral das actividades propostas:

Tabela 8: Planificação geral das actividades propostas

Ano Lectivo/ Unidade	Actividades propostas	Pesquisa, organização e síntese de informação	Análise e interpretação de informação	Argumentação e debate	Trabalho Prático
<p>- 12ºano Biologia – Unidade IV – “Produção de alimentos e sustentabilidade</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fermentação e actividade enzimática • Conservação, melhoramento e produção de novos alimentos 	<p>Actividade nº1: “Marcos históricos da Biotecnologia” Aulas previstas: 1 aula de 90 min + 45min</p>	<p>Os alunos fazem uma pesquisa sobre as principais descobertas biotecnológicas ao longo dos tempos, com base uma ficha de trabalho fornecida pela professora</p>	<p>_____</p>	<p>Apresentação da informação obtida, em grupo turma</p>	<p>Actividade de pesquisa bibliográfica (em pares, os alunos pesquisam informação em várias fontes: biblioteca escolar, internet e junto de elementos da comunidade)</p>
	<p>Actividade nº2: “Enzimas – processos tradicionais” Aulas previstas: 1 aula de 90 min + 1 aula de 120 min</p>	<p>Os alunos fazem uma pequena pesquisa sobre a utilização de técnicas tradicionais de produção de alimentos</p>	<p>Em pequenos grupos, os alunos fazem o tratamento dos resultados obtidos no trabalho laboratorial.</p>	<p>_____</p>	<p>Actividade laboratorial: Produção de queijo fresco</p>
	<p>Actividade nº3: “Papel das enzimas em alimentos do dia-a-dia” Aulas previstas: 2 aulas de 120 min + 2 aulas de 90 min</p>	<p>A professora apresenta uma proposta de trabalho de contexto CTS</p>	<p>Em pequenos grupos, os alunos fazem o tratamento dos resultados obtidos no trabalho experimental.</p>	<p>Realização de um debate para apresentação e discussão, no grupo turma, dos trabalhos realizados.</p>	<p>Actividade de <i>Role-play</i>, de cariz experimental</p>
	<p>Actividade nº4: “Jogo das enzimas” Aulas previstas: 1 aula de 90 min</p>	<p>_____</p>	<p>Os alunos jogam individualmente, tendo de avaliar as condições do jogo e tomar decisões para progredir.</p>	<p>_____</p>	<p>Actividade de <i>Role-play</i>, (em pequenos grupos, os alunos jogam um “jogo de tabuleiro”)</p>
Avaliação	<p>Relatórios dos trabalhos realizados, debate, folha de “registo laboratorial” do Jogo, registos de observação, atitudes</p>				

3.4.2. Actividades desenvolvidas

Numa primeira fase, fez-se o enquadramento teórico na temática a abordar e motivou-se os alunos a participar activamente nas tarefas, tendo-lhes sido explicado que as actividades que iriam realizar faziam parte de um trabalho de pesquisa da professora, no âmbito do seu mestrado. Foram incentivados a dar sugestões e a manifestar opiniões durante todo o processo.

Apresenta-se, de seguida, uma descrição pormenorizada das actividades realizadas e os objectivos de conteúdo, objectivos de processo e objectivos atitudinais que se visou alcançar durante o desenvolvimento das estratégias referidas na planificação elaborada. É importante referir que a constituição dos grupos de trabalho se manteve em todas as actividades à excepção da actividade de pesquisa bibliográfica em que o trabalho foi realizado em pares.

3.4.2.1. Actividade de pesquisa bibliográfica

Esta actividade foi desenvolvida durante uma aula de 90 minutos e apresentados os resultados na aula seguinte, durante aproximadamente 45 minutos. Consistiu num pequeno trabalho de pesquisa sobre a evolução do conhecimento biotecnológico tendo por base uma ficha de trabalho com a cronologia de alguns marcos importantes na história da Biotecnologia, mostrando acontecimentos importantes da ciência e tecnologia e os progressos biotecnológicos desenvolvidos a partir deles nas áreas de medicina, alimentação, agricultura, ambiente, energia e reciclagem. Esta actividade foi adaptada do documento “Biotechnology: past and present” (EIBE, 1999).

A actividade proposta teve, por base, os seguintes objectivos educativos:

- Objectivos de conteúdo:

- Compreender as origens dos processos biotecnológicos;
- Reconhecer a importância da biotecnologia na resolução de problemas da humanidade, ao longo dos tempos, através de exemplos nas áreas de medicina, alimentação, agricultura, ambiente, energia e reciclagem;

- Compreender que a biotecnologia é construída a partir do conhecimento sobre os processos naturais e avanços na ciência e tecnologia com a finalidade de melhorar a qualidade de vida das pessoas.

- Objectivos de processo:

- Organizar e interpretar dados de natureza diversa (bibliográficos, Internet...) sobre processos biotecnológicos utilizados ao longo dos tempos;
- Aplicar conhecimentos para interpretar dados e fundamentar opiniões;
- Comunicar ao grupo turma o trabalho realizado em pares.

- Objectivos atitudinais:

- Reconhecer a perspectiva construtivista da Ciência;
- Fomentar o trabalho cooperativo entre os alunos.

O trabalho de pesquisa foi realizado pelos alunos, em pares, com recurso, à internet, por se entender que recorrer a outras fontes de informação durante o período da aula, obrigaria a disponibilizar aos alunos um período de tempo mais alargado para a sua conclusão. Além disso, o trabalho de pesquisa foi complementado, como trabalho de casa, com pesquisa na biblioteca escolar.

Na ficha de trabalho (ver Anexo 1) fornecida aos alunos foram solicitadas as seguintes tarefas:

1. Fazer uma lista das diferentes áreas da biotecnologia (pe. Agricultura, medicina,...) e colocar os desenvolvimentos biotecnológicos listados na terceira coluna, na respectiva área;
2. Relacionar alguns dos mais importantes desenvolvimentos da ciência e tecnologia listados na segunda coluna, indicando quais os desenvolvimentos biotecnológicos (terceira coluna) dependentes deles;
3. Complementar a tabela cronológica, com informação obtida em livros, revistas ou na Internet. Foram indicados alguns sites com informação útil sobre a temática estudada. A Ciência constrói-se diariamente; por isso, se pediu aos alunos que descobrissem avanços recentes nas diversas áreas de aplicação da Biotecnologia e completassem a ficha fornecida, cuja informação termina, propositadamente, no ano de 1995.

No final da aula foi pedido aos alunos que complementassem o seu trabalho de pesquisa e que procurassem saber junto dos pais, avós ou outras pessoas da comunidade, receitas tradicionais para fabrico e conservação de alimentos.

Na aula seguinte foram apresentados os resultados do trabalho de pesquisa e analisadas e discutidas as conclusões, que se apresentam no Capítulo IV (Secção 4.2.1).

Fez-se ainda a introdução da actividade laboratorial, com base nas receitas sobre métodos tradicionais de fabrico e conservação de alimentos trazidas pelos alunos. Tal como previsto pela professora, as receitas apresentadas limitaram-se a processos de produção de queijo utilizando coalho (adquirido comercialmente e de origem animal) ou vinagre, de iogurte natural e vinagre de cidra. Uma vez que o queijo foi o alimento referido por todos os grupos, foi decidido em grupo turma que a actividade laboratorial a realizar na semana seguinte seria sobre um processo tradicional de produção de queijo.

3.4.2.2. Actividade laboratorial: Enzimas – processos tradicionais

Na sequência do que se expôs anteriormente, foi realizada uma actividade laboratorial, numa aula de 120 minutos, que consistiu na produção de queijo fresco a partir de um processo tradicional de fabrico português. Pretendeu-se, acima de tudo, que os alunos desenvolvessem algumas competências procedimentais, de trabalho laboratorial, necessárias à actividade de *Role-play* que realizariam posteriormente.

Procurou-se, no entanto, enriquecer o trabalho laboratorial partindo, não do pressuposto já adquirido por todos os alunos de que é possível obter queijo fresco a partir do leite, utilizando coalho de origem animal ou vinagre, mas de uma questão-problema que, não tendo sido pensada por eles anteriormente ou ainda desconhecida, contribuísse para uma maior motivação na realização da actividade. Assim, a partir da questão central “É possível produzir queijo fresco utilizando plantas?”, foi desenvolvida uma actividade laboratorial com recurso a V ou de Gowin, que se apresenta na Figura 3.

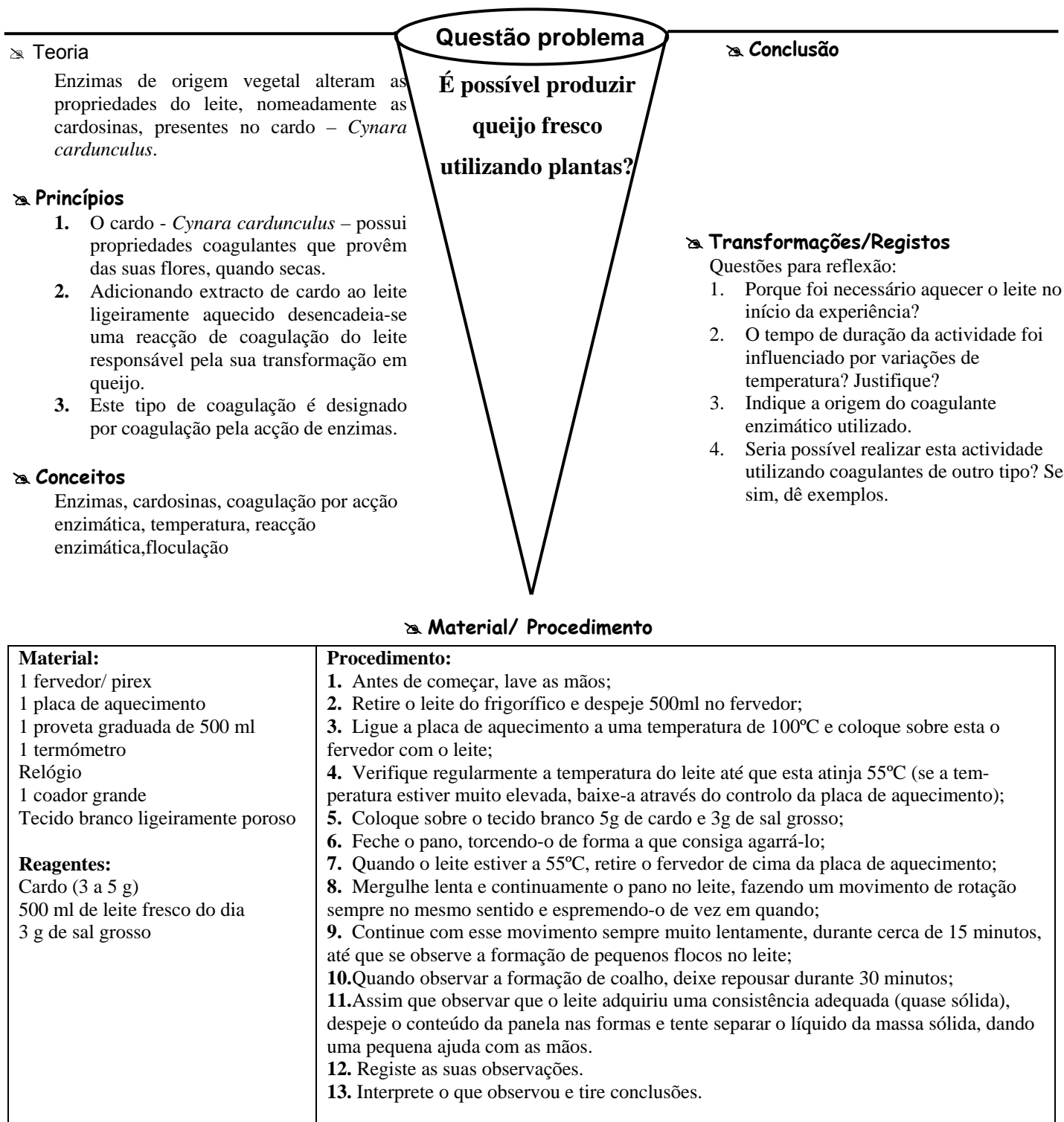


Figura 3: V de Gowin elaborado pela autora para a actividade laboratorial

Foi explicado aos alunos como se lê, interpreta e constrói um diagrama em V de Gowin, tendo sido pedido que completassem a parte das Transformações/Registos e Conclusões. Considerou-se necessário a

introdução desta ferramenta metodológica uma vez que a grande maioria dos alunos apenas a tinha utilizado uma vez, durante o ano lectivo anterior, na disciplina de Biologia e Geologia, e um dos alunos manifestou total desconhecimento por este diagrama uma vez que não frequentou a disciplina. O facto de se ter dado aos alunos o diagrama preenchido quase na totalidade, prendeu-se com a necessidade de disponibilizar um exemplo de como utilizar correctamente este diagrama, tendo sido solicitado aos alunos que incluíssem um V de Gowin no relatório da actividade de *Role-play*, que realizaram posteriormente.

Houve a preocupação de definir uma questão-problema que trouxesse, de facto, alguma novidade e que os alunos não soubessem a resposta à partida, sem ser necessário realizar a actividade laboratorial.

A actividade proposta teve, por base, os seguintes objectivos educativos:

- Objectivos de conteúdo:

- Mobilizar saberes sobre o fabrico e conservação de alimentos por métodos tradicionais;
- Reconhecer que enzimas de origem vegetal, nomeadamente as cardosinas presentes no cardo – *Cynara cardunculus* – podem ser utilizadas para produção de queijo fresco;
- Compreender as transformações que ocorrem desde o leite fresco até ao queijo de fabrico artesanal.

- Objectivos de processo:

- Organizar e interpretar dados de natureza diversa (tradição oral, bibliográficos, Internet...) sobre o papel das enzimas como recursos biotecnológicos na produção/ conservação de alimentos;
- Analisar, discutir e compreender processos biológicos envolvidos no fabrico de alimentos por processos tradicionais;
- Realizar uma actividade laboratorial sobre um processo tradicional de produção de queijo.

- Objectivos atitudinais:

- Valorizar conhecimentos sobre a importância das enzimas em muitos processos biotecnológicos de processamento/ conservação de alimentos;

- Desenvolver opiniões críticas e informadas face a questões-problema;
- Promover a socialização do aluno ao nível da participação, comunicação, cooperação e respeito, entre outros.
- Desenvolver a reflexão conjunta – intragrupal e intergrupar.

Apresenta-se, no Quadro 1, a fundamentação teórica necessária à compreensão desta actividade (e.g. Macedo *et al.*, 2003; ENEC, 2007).

Quadro 1: Fundamentação teórica sobre a actividade laboratorial de produção de queijo fresco (e.g. Macedo *et al.*, 2003; ENEC, 2007)

A origem do queijo fresco é incerta no tempo, mas terá, com certeza, um historial de alguns milhares de anos. Terá surgido nos mosteiros, acidentalmente obtido por coagulação natural do leite abandonado nos recipientes da ordenha, feitos a partir de estômago de vaca. Desde logo muito apreciado, fazia as delícias da aristocracia romana e grega, nos seus faustosos banquetes.

O fabrico de queijo consiste, de uma forma simplificada, no aumento da concentração das proteínas do leite (α -, β - e K-caseínas).

Para a confecção do queijo fresco é necessário considerar 3 factores: qualidade do leite, influência da temperatura e coalho. O leite a utilizar deve ser de boa qualidade e pasteurizado. Esta mistura homogénea é, normalmente, constituída por 87,5% de água; 3,6% de gordura; 3,6% de proteínas (de entre as quais caseínas e proteínas do soro); 4,5% de lactose e 0,8% de sais minerais, sendo o cálcio o elemento de maior relevância.

As micelas proteicas encontram-se estáveis em suspensão no leite devido à actuação de vários factores: a) possuem carga negativa; b) pela acção da caseína K que:

- é responsável por estabilizar o leite;
- se encontra na região exterior das micelas – camada hidrofílica
- mantém as micelas suspensas na água do leite.

Ocorre a formação da coalhada quando há destabilização e floculação das micelas de caseína. Diversos factores podem destabilizar as micelas e provocar a coagulação do leite. Neste caso é utilizado um coagulante enzimático de origem vegetal – o cardo⁽³⁾ – *Cynara cardunculus*, uma planta mediterrânea, existente no nosso país, cujas flores azuladas são colhidas nos meses de Julho e Agosto.

⁽³⁾ No Anexo 1 apresentam-se mais informação sobre o cardo.

Quadro 1 – Fundamentação teórica sobre a actividade laboratorial de produção de queijo fresco (e.g. Macedo *et al.*, 2003; ENEC, 2007) (continuação)

As propriedades coagulantes da planta provêm das flores secas que contêm enzimas – 3 proteases (cipsosinas 1, 2 e 3) capazes de cindir as caseínas do leite e que são adicionadas a este quando ligeiramente aquecido – de 45° a 55°C. Estas enzimas fazem precipitar as micelas de caseína porque degradam a sua camada mais externa, a sua camada hidrofílica de caseína K.

O tipo de leite tem grande influência no queijo que vai ser obtido. O processo de fabrico é longo e existem muitas variáveis a controlar, de acordo com o tipo de queijo que se pretende obter. De uma forma geral, as diferentes etapas na produção de queijo são as seguintes:

- Coagulação do leite;
- Corte da coalhada;
- Moldagem ou encinchamento ⁽⁴⁾;
- Prensagem;
- Salga;
- Maturação do queijo ou cura.

Os coagulantes enzimáticos podem ser de origem animal, vegetal ou microbiana (por exemplo, *Aspergillus niger*), sendo os primeiros ainda hoje os mais utilizados. No entanto, a escassez de coagulante animal tem conduzido a preços elevados e questões éticas (como o abate deliberado de animais superiores) ou comportamentos dietéticos (por exemplo, vegetarianos) têm levado à sua substituição crescente por coagulantes microbianos. O coagulante vegetal é utilizado em muito menor escala a nível mundial, estando praticamente restrito a queijos ibéricos de fabrico tradicional (como por exemplo o queijo português Serra da Estrela e o queijo espanhol La Serena). Os processos de coagulação podem ser ácidos, enzimáticos ou mistos.

A avaliação desta actividade foi feita com base na análise dos relatórios individuais dos alunos, entregues após a realização da actividade laboratorial, e nos quais se pedia que completassem a parte das Transformações/ Registos e Conclusões no diagrama em V de Gowin. A análise dos resultados é apresentada no Capítulo IV (Secção 4.2.2.).

⁽⁴⁾pôr no cincho (o coelho) para fabricar queijo, de acordo com o Dicionário da Língua Portuguesa

3.4.2.3. Actividade de *Role-play* – Papel das enzimas em alimentos do dia-a-dia

Esta actividade foi realizada durante 2 aulas de 120 minutos e 2 aulas de 90 minutos, com grupos de quatro alunos, os mesmos da actividade laboratorial anterior.

Pretendeu-se com esta actividade, que os alunos desenvolvessem um trabalho de carácter investigativo, autónomo, e que, através de *Role-play*, “jogassem”, em grupo, situações “reais” com vista à resolução de um problema. Assim, tendo em conta o tema “Papel das enzimas em alimentos do dia-a-dia”, foram imaginadas duas situações-problema a partir das quais os alunos, em grupos, simulando equipas de trabalho empresarial, tiveram de realizar um conjunto de tarefas de pesquisa, experimentação e discussão que se descrevem mais adiante. Para que os alunos fossem completamente autónomos em todas as fases da actividade experimental, houve algum cuidado na escolha das duas questões-problema, de forma a que o seu grau de dificuldade não fosse muito elevado e estivesse de acordo com as características dos alunos da amostra.

Estas questões foram atribuídas aleatoriamente aos grupos, existindo dois grupos de alunos a trabalhar cada uma das questões. A turma foi separada durante estas aulas de forma que os dois grupos que trabalharam a questão-problema A (Quadro 2) não observassem o que estava a ser trabalhado pelos grupos da questão-problema B (Quadro 3).

Foi essencial envolver afectivamente os alunos nas situações-problema expostas, e promover neles a consciência de que uma situação envolve várias questões, muitos dilemas e que a tomada de decisões é um acto complexo. Procurou-se também, incentivá-los a fundamentar opiniões, desenvolver o espírito crítico, na busca da solução mais vantajosa.

Foram fornecidas fichas de orientação do trabalho e explicados os procedimentos a adoptar, uma semana antes da realização da primeira actividade experimental – questão-problema A. As fichas de orientação do trabalho foram disponibilizadas aos alunos na disciplina criada na plataforma moodle, ferramenta didáctica já utilizada pela professora e pelos alunos, com

regularidade, desde o ano lectivo anterior. As fichas incluíam ainda algumas referências bibliográficas as quais deveriam ser complementadas com, pelo menos, duas fontes de Internet e/ou bibliográficas à escolha dos alunos.

Durante a realização da actividade experimental relativa à questão-problema A, no laboratório, os alunos que trabalharam a questão-problema B permaneceram na biblioteca da escola durante os 120 minutos de aula. Na semana seguinte inverteu-se a situação. Posteriormente foi realizada uma sessão plenária na qual os alunos apresentaram as questões-problema e discutiram as montagens experimentais realizadas, assim como os resultados obtidos. Aos alunos foi pedido que apresentassem um relatório científico do seu trabalho de grupo aos restantes colegas, durante a realização do debate.

Nesta actividade foi dada total liberdade aos alunos tendo a professora mantido apenas um papel de observadora das suas actividades. Paralelamente foi registando as suas reacções, comentários e dificuldades o que permitiu complementar a informação obtida nos relatórios apresentados pelos alunos posteriormente.

A actividade proposta teve, por base, os seguintes objectivos educativos:

- Objectivos de conteúdo:

- Compreender o papel da actividade enzimática na conservação, melhoramento e produção de novos alimentos;
- Observar a acção de uma hidrolase e uma oxidoreductase, existentes em alimentos comuns;
- Conhecer os factores que influenciam a actividade das enzimas.

- Objectivos de processo:

- Organizar e interpretar dados de natureza diversa (experimentais, bibliográficos, Internet...) sobre o papel das enzimas como recursos biotecnológicos na produção/ conservação de alimentos;
- Apresentar soluções para uma questão-problema que reflecte uma situação real do quotidiano;

- Conceber e realizar uma actividade experimental para estudo dos factores que condicionam a actividade enzimática.

- Compreender a importância da argumentação utilizada durante um debate tal como é o trabalho de pares para a construção do conhecimento científico.

- Objectivos atitudinais:

- Valorizar conhecimentos sobre a importância das enzimas em muitos processos biotecnológicos de processamento/ conservação de alimentos;

- Construir opiniões fundamentadas sobre a utilização de alimentos obtidos/ modificados por processos biotecnológicos;

- Participar activamente num debate, expondo os seus argumentos e ponderando argumentos contraditórios.

A avaliação desta actividade foi efectuada com base nos relatórios apresentados pelos alunos, bem como pelos seus comentários e reacções durante a realização da parte experimental e as suas intervenções durante o debate de turma. A análise dos resultados é apresentada no Capítulo IV (Secção 4.2.3. e 4.3.).

Quadro 2: Apresentação da questão-problema A

O vosso grupo de trabalho faz parte de uma empresa de produtos alimentares sendo as gelatinas o conjunto de produtos de maior destaque e importância económica. O departamento de apoio ao consumidor recebeu uma queixa de um cliente cujo texto se transcreve abaixo.

A administração da empresa pede-vos um parecer técnico a apresentar no prazo de 15 dias em reunião geral.

“Exmos Srs:

Tendo adquirido uma embalagem de gelatina da vossa empresa com sabor a ananás venho, por este meio, apresentar a minha indignação por venderem um produto estragado! Verifiquei a validade, que se encontra dentro do prazo, mas ao fazer a gelatina, à qual adicionei ananás fresco cortado em pedaços para acentuar o sabor, a gelatina não solidificou! Agradeço que me reembolsem e que controlem melhor a qualidade dos vossos produtos.

Com os melhores cumprimentos,”

Cliente identificado

Quadro 2: Apresentação da questão-problema A (continuação)

Tarefas a realizar:

- 1- Elaborar uma pequena pesquisa sobre a constituição da gelatina e sobre o efeito de alguns frutos frescos, em particular o ananás, sobre a gelatina.
- 2- Planear e executar uma actividade experimental para **testar o efeito da temperatura sobre a bromelaína, uma enzima (hidrolase) existente no ananás.**
- 3- Elaborar um relatório da actividade (que inclua um “V” de Gowin) que será apresentado aos colegas. Devem entregar uma cópia a cada grupo e preparar uma pequena apresentação oral do trabalho realizado.
- 4- Escrever uma resposta ao consumidor descontente e elaborar um pequeno texto, a divulgar pela empresa, chamando a atenção para se evitar o uso de frutos frescos como ananás, papaia, figo ou kiwi na gelatina e com sugestões sobre o que fazer no caso de ser impossível recorrer a estes produtos enlatados.

Sugestões procedimentais:

- 1 – Antes de planearem a vossa experiência, identifiquem as variáveis dependentes e independentes. Como vão medir estas variáveis? Que variáveis devem ser mantidas constantes durante a experiência? E como as vão manter constantes?
- 2 – Planeiem o procedimento e identifiquem o material necessário. Devem informar a professora do que vão necessitar.
- 3 – Não se esqueçam de respeitar todas as regras de segurança durante a realização da actividade. De notar ainda que os alimentos usados no laboratório não devem ser ingeridos. Sobre nenhuma circunstância devem ser ingeridos alimentos preparados ou colocados em material de laboratório.

Questões orientadoras para discussão:

- 1 – Reflictam sobre os processos de conservação dos alimentos. De que forma os processos de conservação em lata afectam as enzimas dos alimentos? Porque é necessário o processo de conservação em embalagens?
- 2 – Se alguém da vossa família planeasse fazer uma sobremesa de gelatina com pedaços de ananás e verificasse que só tinha ananás fresco em vez de ananás de conserva, que sugestões lhe daria para substituir o ananás fresco na receita?
- 3 – Muitos produtos utilizados para tornar a carne mais tenra incluem a papaia, figos, ou ananás como ingredientes. Que papel desempenham estes ingredientes nesses produtos?

Quadro 3: Apresentação da questão-problema B

O vosso grupo trabalha numa estação fruteira que recebe, selecciona, conserva e transforma alguns tipos de frutas. Neste momento, o desafio da empresa é comercializar fruta laminada ou em pedaços, sem escurecer e mantendo o aspecto de acabada de cortar.

A administração da empresa pede-vos que investiguem formas de reduzir o escurecimento de frutos, em especial maçãs e bananas. Devem apresentar um parecer técnico no prazo de 15 dias em reunião geral.

“Muitos frutos recém cortados são propícios a escurecimento enzimático quando servidos crus. Esta alteração da cor é normalmente resultado da oxidação de compostos fenóis pela enzima polifenoloxidase (PFO). A PFO presente no fruto é activada quando exposta ao oxigénio do ar. Esta série de reacções é indesejável uma vez que acaba por resultar na cor castanha que tanto nos desagrada e até alteração de sabor.

A vossa tarefa é planear e executar uma actividade experimental para testar a eficácia de diferentes soluções para reduzir este escurecimento enzimático em maçãs ou bananas. As soluções a testar devem ser as seguintes: sumo de limão, ácido cítrico, ácido ascórbico (vitamina C), bisulfito de sódio e sacarose.”

Tarefas a realizar:

- 1 - Elaborar uma pequena pesquisa sobre os fundamentos bioquímicos do escurecimento de frutos.
- 2 - Planear e executar uma actividade experimental para **testar a eficácia de diferentes soluções para reduzir a alteração da cor causada por escurecimento enzimático**. (A professora forneceu um protocolo para preparação das soluções a utilizar – ver anexo 1)
- 3 - Elaborar um relatório da actividade (que inclua um “V” de Gowin) que será apresentado aos colegas. Devem entregar uma cópia a cada grupo e preparar uma pequena apresentação oral do trabalho realizado.

Sugestões procedimentais:

1 – Antes de planearem a vossa experiência, identifiquem as variáveis dependentes e independentes. Como vão medir estas variáveis? Que variáveis devem ser mantidas constantes durante a experiência? E como as vão manter constantes?

2 – Planeiem o procedimento e identifiquem o material necessário. Devem informar a professora do que vão necessitar.

Quadro 3: Apresentação da questão-problema B (continuação)

3 – Não se esqueçam de respeitar todas as regras de segurança durante a realização da actividade. De notar ainda que os alimentos usados no laboratório não devem ser ingeridos. Sobre nenhuma circunstância devem ser ingeridos alimentos preparados ou colocados em material de laboratório.

4 – Façam uma previsão de qual será a solução que irá prevenir melhor o escurecimento enzimático. Fundamentem a vossa previsão.

5 – Após a recolha e análise dos dados, indiquem quais as soluções que melhor controlam a actividade da PFO.

Questões orientadoras para discussão:

1 – Para cada solução usada, o que é que, na vossa opinião, reduz a reacção de escurecimento enzimático?

2 – Se fosse servir maçã laminada como sobremesa, numa festa, o que poderia fazer para prevenir o escurecimento da fruta após o seu corte? Será que o método escolhido irá alterar o sabor da fruta? Se sim, pensa que a alteração de sabor irá levar os convidados a não ingerirem a maçã laminada?

3 – Os bisulfitos provaram ser o método mais eficaz para controlar o escurecimento enzimático. No entanto, a Food and Drug Administration (FDA) nos EUA equivalente à Direcção Geral de Saúde, em Portugal, proibiu o uso de bisulfitos em frutas frescas e vegetais. Tente perceber porque foi banido o seu uso, relacionando com a forma como controlam as reacções enzimáticas de escurecimento da fruta.

Apresenta-se em seguida a fundamentação teórica necessária à compreensão desta actividade (McBroom e Oliver-Hoyo 2007) (Quadro 4).

Quadro 4: Fundamentação teórica sobre a actividade de *Role-play* (McBroom e Oliver-Hoyo 2007)

Além do seu papel fundamental na regulação de, eventualmente, todos os processo bioquímicos nas células vivas, as enzimas desempenham várias funções nas ciências alimentares. Historicamente, as enzimas foram responsáveis por técnicas de transformação como a fermentação, a produção de cerveja, vinho e chá e na quebra das proteínas do leite para produzir queijo.

Na actualidade os cientistas usam o seu conhecimento sobre os processos

Quadro 4: Fundamentação teórica sobre a actividade de *Role-play* (McBroom e Oliver-Hoyo 2007) (continuação)

enzimáticos para reduzir a deterioração dos alimentos e para facilitar a produção e transformação de muitos alimentos modernos.

Nesta actividade, são relevantes duas categorias de enzimas: as hidrolases e as oxidoreductases. As hidrolases são enzimas que catalisam reacções de quebra de ligações pela adição da molécula de água. Estas enzimas estão envolvidas, por exemplo, na coagulação do leite e produção de queijo. Podem ser encontradas em amaciantes de carne, detergentes e agentes de limpeza enzimáticos e podem causar intolerância à lactose. DeMan (1999 *in* McBroom e Oliver-Hoyo 2007) refere que as hidrolases quebram ligações lipídicas, glicosídicas e peptídicas.

Na questão-problema A explora-se o efeito da temperatura sobre a actividade de uma *proteínase* - a bromelaína – uma hidrolase presente no ananás, nas ligações peptídicas da gelatina. Esta gelifica através do desenvolvimento de uma rede de ligações peptídicas que podem ser quebradas pela bromelaína. Durante o processo de conserva, o ananás é aquecido a uma temperatura suficientemente elevada para desnaturar a bromelaína, que deixa assim de ser capaz de quebrar as ligações peptídicas da gelatina. O ananás fresco não foi exposto a altas temperaturas, pelo que a bromelaína irá quebrar estas ligações. O mesmo acontece com outros frutos como o kiwi, o gengibre, a papaia, o figo ou a goiaba que não devem ser adicionados frescos à gelatina.

As *oxidoreductases* são enzimas que catalisam reacções de oxidação-redução. Uma oxidoreductase comum nos produtos alimentares é a polifenoloxidase (PFO). Esta enzima é responsável pelo escurecimento dos frutos recentemente cortados como maçãs, bananas e abacates, segundo deMan (1999 *in* McBroom e Oliver-Hoyo 2007), quando expostos ao ar. Esta enzima, em contacto com o ar, oxida os compostos fenóis transformando-os em quinonas que vão formar polímeros coloridos visíveis à vista desarmada, denominados melaninas. Esta alteração provoca mudanças indesejáveis como a alteração da cor para castanho e/ou a alteração do sabor e cheiro dos alimentos ou ainda a diminuição do seu valor nutricional.

Na questão-problema B testam-se várias soluções para determinar quais as melhores para controlar o escurecimento enzimático de frutas frescas recém cortadas. As soluções ácidas (sumo de limão, ácido cítrico, ácido ascórbico ou vitamina C) reduzem o escurecimento, como resultado da redução do pH que afecta a actividade da PFO. É importante referir que existem outros factores envolvidos nesta reacção que não pode ser explicada apenas com base no resultado de uma alteração

Quadro 4: Fundamentação teórica sobre a actividade de *Role-play* (McBroom e Oliver-Hoyo 2007) (continuação)

no pH.

A PFO apenas causa o escurecimento quando exposta ao oxigénio do ar. Como o ácido ascórbico, por exemplo, é um antioxidante, ele atrasa a reacção de oxidação porque retém o oxigénio do ar, impedindo-o de reagir com a PFO. Esta enzima contém cobre no seu centro activo. O ácido cítrico é um quelato metálico que se liga ao cobre da enzima, tornando-a inactiva. Em ambos os casos, a alteração no pH provocada por estas duas soluções, não é o único factor responsável pela redução no escurecimento.

3.4.2.4. Jogo das enzimas

O “Jogo das Enzimas” foi concebido originalmente e desenhado por John Schollar (EIBE, 2000). Foi traduzido para português pela autora deste estudo e testado com os alunos numa aula de 90 minutos. Todas as instruções, regras e materiais necessários ao jogo encontram-se disponíveis no anexo 1.

A actividade proposta teve, por base, os seguintes objectivos educativos:

- Objectivos de conteúdo:

- Compreender o papel da actividade enzimática na produção industrial de produtos alimentares, cosmética e detergentes;
- Conhecer os factores que influenciam a actividade das enzimas;
- Compreender o funcionamento de empresas biotecnológicas.

- Objectivos de processo:

- Participar activamente num jogo, tomando decisões, e aprendendo a ponderar várias opções, com vista a um objectivo final.

- Objectivos atitudinais:

- Valorizar conhecimentos sobre a importância das enzimas em muitos processos biotecnológicos com inúmeras aplicações no dia-a-dia;
- Fomentar a participação activa em discussões e debates respeitantes a problemas que envolvam a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente.

Os alunos foram divididos em quatro grupos de 4 jogadores. Cada um joga individualmente, sendo responsável por uma enzima que tem de completar um percurso no tabuleiro de jogo, ultrapassando vários obstáculos. O objectivo do jogo é obter lucro com a sua produção e utilização. O jogo está dividido em duas partes: a) os passos necessários para a produção da enzima (a cor de rosa); b) os processos relacionados com a sua utilização (a azul).

Durante o jogo vão-se girando vários *Spinners* que seleccionam as enzimas, o meio de cultura, as condições de fermentação, o tipo de processamento (na primeira parte), o substrato, o pH, a temperatura e as aplicações enzimáticas (na segunda parte) e que permitem aos jogadores avançar mais rápida ou lentamente.

Cada jogador possui uma carta de informações referente à sua enzima que contém todas as instruções necessárias para progredir no jogo.

Ao longo do jogo existem cartas da sorte que devem ser lidas em voz alta pois um ou todos os jogadores podem ser afectados pela informação dessa carta. Um dos jogadores é responsável pelo Banco e deve proceder aos recebimentos e pagamentos de dinheiro durante o jogo. Outro jogador faz os registos de todas as condições e factores obtidos pelos 4 jogadores para que no final seja obtido um registo completo do jogo, pois os valores podem influenciar quem ganha o jogo. O jogo termina quando todos os jogadores atingirem a meta. Vence o jogo quem terminar com a maior conta bancária.

Esta actividade foi avaliada com base nos registos efectuados pelos alunos na folha de registo laboratorial, que faz parte do jogo, e nos comentários e observações dos alunos durante o Jogo. A análise dos resultados da avaliação é apresentada no Capítulo IV (Secção 4.3).

O “Jogo das Enzimas” inclui informação sobre 8 enzimas actualmente utilizadas na indústria alimentar, cosmética e de detergentes. Apresenta-se, no Quadro 5, um pequeno resumo sobre a origem, funções e aplicações das enzimas referidas no jogo (EIBE, 2000).

Quadro 5: Fundamentação teórica sobre o Jogo das Enzimas (EIBE, 2000)

- A AMG é a enzima **Amyloglucosidase**. Ela hidrolisa amido em glicose pela remoção de unidades de glicose de modo progressivo a partir da terminação não reduzida da molécula de amido. A enzima hidrolisa as ligações 1,4 e 1,6 da molécula de glicose. O microorganismo que produz esta enzima é uma estirpe seleccionada do fungo *Aspergillus niger*. É utilizada na indústria da panificação, açúcar e cerveja.

- A **Savinase®** é uma protease usada pela indústria de detergentes. É usada em detergentes em pó, para roupa e louça, e remove nódoas de natureza proteica tais como sangue, gorduras, ovos e molhos. Estas nódoas são frequentemente difíceis de remover pois são insolúveis em água e aderem fortemente a roupa e louça. A enzima Savinase® hidrolisa as proteínas em péptidos solúveis em água e dissolve-as na água de lavagens. Savinase® é produzida em fermentadores por uma bactéria geneticamente modificada do género *Bacillus*.

- A **Lipolase™** é uma lipase utilizada na indústria de detergentes para remover nódoas de gorduras e óleos dos tecidos. Ela hidrolisa triglicerídeos em diglicerídeos e monoglicerídeos, glicerol e ácidos gordos, que são todos mais solúveis em água do que as gorduras e óleos originais. Esta enzima actua eficazmente sobre gorduras e óleos de natureza animal e vegetal. Remove nódoas de fritos, óleos de saladas, manteiga, sopas, sebo e cosméticos, como os batons. A Lipolase™ é produzida por tecnologia de manipulação de DNA. A informação genética para a produção da enzima foi transferida do fungo dador (*Mucor* sp) para uma estirpe de laboratório do fungo *Aspergillus oryzae*.

- A **NovoShape™** é uma enzima pectinesterase pura encontrada no fungo *Aspergillus aculeatus*. Tem sido usada tecnologia de manipulação de DNA para transferir a informação genética relativa à produção da enzima do dador *Aspergillus fungus* para uma outra estirpe do fungo *Aspergillus oryzae* usada em laboratório. A pectinesterase é uma enzima que hidrolisa a pectina metilada. É usada para ajudar a manter a forma e estrutura da fruta em preparações alimentares.

- A **Lactozyme®** é uma β -galactosidase, mais conhecida por lactase e é produzida pela fermentação de uma estirpe seleccionada de uma levedura *Klyveromyces*. A enzima é usada na indústria de laticínios para hidrolisar o açúcar lactose presente no leite em glicose e galactose. Estes açúcares são mais doces do que a lactose e por isso podem produzir produtos açucarados sem ter de se adicionar adoçantes. Muitas pessoas são intolerantes à lactose e não podem beber leite, mas o leite tratado com a enzima lactase torna-o mais doce e evita a intolerância.

Quadro 5 – Fundamentação teórica sobre o Jogo das Enzimas (EIBE, 2000)
(continuação)

- A **Sweetzyme**[®] é uma isomerase que converte glicose em frutose. A enzima é imobilizada numa matriz de modo a poder ser utilizada num processo contínuo. Este produto foi desenvolvido para converter xaropes de glicose, obtidos pela enzima que hidrolisa o amido, em xaropes de frutose que podem ser usados na indústria alimentar. A frutose é um açúcar mais doce do que a glicose; desta forma os xaropes de frutose têm mais vantagens como um adoçante do que apenas a glicose. É extraída da bactéria *Streptomyces murinus*.

- A **Pectinex**[®] é uma preparação enzimática produzida a partir de uma estirpe do fungo *Aspergillus aculeatus*. A preparação contém uma enzima pectolítica (que quebra a pectina e uma gama de hemicelulases que desintegram as paredes celulares das plantas. É utilizada comercialmente para o tratamento de polpa de frutas e purés de vegetais onde aumenta a quantidade de suco obtido do material vegetal.

- A **Celluclast**[®] é uma preparação celular produzida a partir da fermentação do fungo *Trichoderma reesi*. A enzima quebra a celulose em moléculas de glicose, celobiose (dissacarídeo) e polímeros de glicose. A enzima actua nos substratos celulósicos reduzindo a sua viscosidade. É utilizada nas indústrias, como a da cerveja, onde o material celulósico tem de ser quebrado em açúcares fermentáveis, onde é necessária uma redução da viscosidade e um aumento dos produtos extraídos a partir de matéria vegetal. É muitas vezes usada juntamente com outras enzimas obtendo-se um efeito sinérgico.

A autora considera importante referir que as actividades propostas devem anteceder uma apresentação mais expositiva sobre as enzimas e não serem implementadas após uma exposição teórica sobre o assunto, como foi feito neste estudo. A razão para se ter optado pela exposição teórica seguida da realização da parte prática prendeu-se com o facto de se obterem resultados comparativos em termos de avaliação sumativa. Considera-se assim que, realizando esta sequência de actividades antes de uma discussão sobre as características das enzimas, as enriquecerá ainda mais.

Para além dos instrumentos de avaliação já referidos (relatórios de actividades, V de Gowin e grelhas de observação), foram realizados quatro

momentos formais de avaliação, cujos resultados são apresentados no Capítulo IV (Secção 4.3):

- uma ficha de avaliação diagnóstica (aplicada na semana anterior ao início das aulas teóricas);
- uma ficha de avaliação sumativa após 2 semanas de aulas teóricas sobre o tema (4 aulas);
- uma ficha de avaliação sumativa após a implementação do conjunto de actividades descritas no Capítulo III (o conjunto de actividades estendeu-se num período de 5 semanas);
- uma ficha de avaliação sumativa no final do ano lectivo, 2,5 semanas após o fim das actividades.

Pretendeu-se ainda perceber qual a percepção dos alunos sobre o impacto das actividades realizadas no desenvolvimento das suas competências de trabalho laboratorial. Para o efeito, elaborou-se uma ficha de auto-avaliação de competências no trabalho laboratorial (Adaptada de Barros *et al*, 2003) (ver Anexo 2), que se forneceu aos alunos antes e após a realização das actividades descritas neste Capítulo (Secção 3.4.2). A análise dos resultados na auto-avaliação de competências no trabalho laboratorial são apresentados no Capítulo IV (Secção 4.4.).

Capítulo IV:

Apresentação e Discussão dos

Resultados

4.1. Análise dos manuais do 3ºCiclo do Ensino Básico e Secundário

Da análise dos 7 manuais escolares (manuais do professor) do 9ºano de escolaridade para a disciplina de Ciências Naturais, com o objectivo de identificar o tipo de actividades sugeridas sobre a temática das enzimas, fizeram-se as seguintes observações, que são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Resumo das propostas de actividades sobre a temática das enzimas dos manuais escolares de Ciências Naturais do 9ºano de escolaridade

Manual escolar	Tipo de Actividade	Descrição da actividade
Antunes <i>et al</i> (2008)	Análise e interpretação de esquemas e figuras do sistema digestivo; planeamento e realização de actividades laboratoriais (como actividades de ampliação de conhecimentos)	<ul style="list-style-type: none">- Definição de enzimas em destaque do corpo de texto com imagem do modelo molecular de uma enzima;- Sugerem o planeamento de uma actividade laboratorial para pesquisa da influência do pH do suco gástrico sobre a amilase salivar;- Sugerem a realização da actividade laboratorial “Como se transforma o amido em maltose?” – disponibilizam protocolo laboratorial no caderno do professor (documentos de ampliação)
Barros e Delgado (2008)	Análise e interpretação de esquemas e figuras do sistema digestivo; Realização de uma actividade laboratorial	<ul style="list-style-type: none">- Definição de enzimas em destaque do corpo de texto;- Descrição e actuação das enzimas digestivas ao longo do sistema digestivo, indicando substratos e produtos;- Actividade laboratorial com apresentação de protocolo para compreender a acção da saliva sobre o amido.
Campos e Delgado (2008)	Análise e interpretação de esquemas e figuras do sistema digestivo e da actuação enzimática	<ul style="list-style-type: none">- Definição de enzimas em destaque do corpo de texto;- Descrição e actuação das enzimas digestivas ao longo do sistema digestivo, indicando substratos e produtos.

Tabela 9 - Resumo das propostas de actividades sobre a temática das enzimas dos manuais escolares de Ciências Naturais do 9ºano de escolaridade (continuação)

Manual escolar	Tipo de Actividade	Descrição da actividade
Deus e Albuquerque (2008)	Análise e interpretação de um esquema da digestão química dos glícidos, prótidos e lípidos	- Definição de enzimas digestivas; - Descrição e actuação das enzimas digestivas ao longo do sistema digestivo, indicando substratos e produtos.
Franco <i>et al</i> (2008)	Análise e interpretação de esquemas e figuras do sistema digestivo; Realização de uma actividade laboratorial.	- Definição de enzimas digestivas; - Descrição e actuação das enzimas digestivas ao longo do sistema digestivo, indicando substratos e produtos. - Interpretação de resultados da actividade laboratorial “Acção da saliva sobre a digestão do amido” – disponibilizam protocolo laboratorial para realização da actividade.
Motta e Viana (2008)	Análise e interpretação de esquemas e figuras do sistema digestivo	- Definição de enzimas digestivas; - Descrição e actuação das enzimas digestivas ao longo do sistema digestivo, indicando substratos e produtos.
Silva <i>et al</i> (2008)	Análise e interpretação de esquemas e figuras do sistema digestivo; Interpretação de resultados de uma actividade laboratorial	- Definição de enzimas digestivas; - Descrição e actuação das enzimas digestivas ao longo do sistema digestivo, indicando substratos e produtos. - Interpretação de resultados da actividade laboratorial “Qual a acção da saliva sobre o cozimento de amido?” – disponibilizam protocolo laboratorial e sugerem a utilização do V de Gowin disponível no dossier do professor (pág.37) para realização da actividade.

Não se encontraram diferenças significativas entre os manuais analisados. As actividades propostas abordam a definição de enzimas, a sua importância biológica, em particular no processo de digestão dos alimentos, os substratos e os produtos resultantes, de acordo com as orientações curriculares para o 3ºCiclo do Ensino Básico (DEB, 2001b). Quatro dos sete

manuais analisados sugerem a realização de uma actividade laboratorial sobre a acção da amilase salivar sobre o amido, disponibilizando protocolos laboratoriais ou tabelas de resultados para interpretação e discussão.

Relativamente ao Ensino Secundário, na disciplina de Biologia e Geologia, apenas se faz referência às enzimas digestivas, à sua função e natureza proteica. Não são sugeridas quaisquer actividades práticas envolvendo enzimas. Por este motivo não se apresentam os resultados da análise referente aos manuais escolares disponíveis para esta disciplina. A Tabela 10 mostra as observações verificadas nas restantes disciplinas onde o tema é abordado (Biologia Humana no 10ºano; Biologia e Química no 12ºano).

Tabela 10 - Resumo das propostas de actividades sobre a temática das enzimas dos manuais escolares do Ensino Secundário

Manual escolar	Tipo de Actividade	Descrição da actividade
Biologia Humana – 10ºano		
Soares <i>et al</i> (2004)	Actividade laboratorial “Estudo da acção de um catalisador inorgânico e de um biocatalisador na hidrólise do amido”	- Sugerem a realização de uma actividade laboratorial utilizando a amilase salivar para estudo da sua acção sobre o amido – disponibilizam protocolo laboratorial no manual do aluno.
Biologia – 12ºano		
Matias <i>et al</i> (2009)	Actividade laboratorial sobre as propriedades das enzimas	- Sugerem a realização de uma actividade laboratorial utilizando a catalase e a amilase salivar – disponibilizam protocolo laboratorial no manual do aluno
	Actividade laboratorial sobre os factores que afectam a actividade enzimática	- Sugerem a realização de uma actividade laboratorial para estudo da influência da temperatura e do pH sobre a catalase – disponibilizam protocolo laboratorial no manual do aluno. - Dois documentos de ampliação disponíveis no manual do professor sobre “Enzimas e bioluminescência” e “Armas enzimáticas”.
	Actividade de pesquisa	- Sugerem uma actividade de pesquisa sobre venenos inibidores enzimáticos.

Tabela 10 - Resumo das propostas de actividades sobre a temática das enzimas dos manuais escolares do Ensino Secundário (continuação)

Manual escolar	Tipo de Actividade	Descrição da actividade
Biologia – 12ºano (continuação)		
Ribeiro <i>et al</i> (2006)	Actividade laboratorial (nº 2): Importância das enzimas para os seres vivos. Actividade Laboratorial (nº3): Determinação da actividade enzimática	- Sugerem a realização de uma actividade laboratorial para estudo da amilase salivar sobre o amido – disponibilizam protocolo laboratorial no manual do aluno em V de Gowin. - Sugerem a realização de uma actividade laboratorial para o estudo do efeito do pH sobre a catase – disponibilizam protocolo laboratorial no manual do aluno.
Silva <i>et al</i> (2009)	Actividade laboratorial (nº3): Que características apresentam as enzimas?	- Interpretação de uma actividade laboratorial sobre a hidrólise da sacarose pela sacarase de leveduras. - Resolução de exercícios sobre os factores que afectam a actividade enzimática.
Química – 12ºano		
Dantas <i>et al</i> (2009)	Actividade laboratorial (A.L.1.7) opcional: Catálise enzimática: efeito da temperatura e de um inibidor sobre uma reacção bioquímica	- Actividade laboratorial sobre o efeito da temperatura e de um inibidor químico (sulfato de cobre) sobre a catalase. Fornecem protocolo experimental e orientação para a elaboração de relatório. Esta actividade encontra-se no caderno de actividades laboratoriais.
Gil <i>et al</i> (2009)	Actividade laboratorial (A.L.1.7) opcional: Catálise enzimática: efeito da temperatura e de um inibidor sobre uma reacção bioquímica	- Actividade laboratorial sobre o efeito da temperatura e de um inibidor químico (sulfato de cobre) sobre a catalase. Fornecem protocolo experimental e orientação para a elaboração de relatório. Esta actividade encontra-se no manual do aluno.
Simões <i>et al</i> (2009)	Actividade laboratorial (A.L.1.7) opcional: Catálise enzimática: efeito da temperatura e de um inibidor sobre uma reacção bioquímica	- Actividade laboratorial sobre o efeito da temperatura e de um inibidor químico (sulfato de cobre) sobre a catalase. A actividade é sugerida a partir de uma questão-problema e apresenta questões pré-laboratoriais, fornecem protocolo experimental, discussão e auto-avaliação. Esta actividade encontra-se no manual do aluno.

Da análise dos manuais verificou-se, tal como concluído por Leite (1999 *in* Leite, 2002) que os manuais escolares continuam a incluir, predominantemente, actividades laboratoriais, cujo objectivo é confirmar ou descobrir (Figueiroa, 2001 *in* Leite, 2002) conhecimentos conceptuais.

Leite (2002) mostra-se crítica face à utilização generalizada de protocolos tipo receita e defende que os utilizadores de manuais escolares, especialmente os professores, devem ser muito críticos face a eles.

De facto, da sua experiência como docente, a autora deste estudo tem verificado que as actividades sugeridas nos manuais são sempre as mesmas, que fornecem procedimento laboratorial “tipo receita” e que os alunos sabem à partida, que encontram resposta para as questões que são propostas para discussão, no texto imediatamente a seguir à actividade laboratorial sugerida, não sentindo necessidade de reflectir sobre o que acabaram de observar ou mesmo se as suas observações estão de acordo com o que é apresentado no manual. Isto resulta da utilização sucessiva de manuais escolares muito semelhantes ao longo do seu percurso escolar. Jorge (2007) refere também esta ideia da repetição sucessiva das mesmas actividades experimentais nos manuais escolares ao longo dos anos.

Além disso, na opinião da autora, o facto de as actividades propostas nos manuais de Ciências Naturais do 9ºano e de Biologia do 12ºano serem as mesmas, ainda que com um grau de aprofundamento diferente, não é factor de motivação dos alunos para a realização de actividades laboratoriais.

McBroom e Oliver-Hoyo (2007) referem que a maioria dos estudantes que conclui o ensino secundário, realizou, pelo menos uma vez no seu percurso escolar uma actividade tradicional sobre enzimas, usando a catalase e o peróxido de hidrogénio, por exemplo. Mas, apesar de a formação de bolhas que se observam nessa actividade poder trazer alguma surpresa aos alunos, este tipo de actividades mais tradicionais não lhes permite apreciar verdadeiramente o papel das enzimas no seu dia-a-dia.

Por estes motivos, considera-se que as actividades laboratoriais ou experimentais utilizando enzimas aplicadas actualmente na indústria alimentar, como é o caso das cardosinas e da bromelaína, são uma boa alternativa às actividades utilizando enzimas digestivas, já aprendidas no 3ºciclo do ensino

básico e enquadram-se perfeitamente na questão central da unidade 4 “Como resolver problemas de alimentação na população humana?” de Biologia do 12ºano.

McBroom e Oliver-Hoyo (2007) referem que muitos estudantes vêem a biologia e a química como duas ciências separadas e sem inter-relação. A mesma ideia é manifestada por Harms (2002). A forma como estas disciplinas são ensinadas nas escolas básicas e secundárias contribuem para a manutenção desta opinião. O estudo das enzimas possibilita, na opinião de McBroom e Oliver-Hoyo (2007) e da autora desta investigação, uma excelente oportunidade para professores de biologia e de química partilharem com os alunos a natureza interdisciplinar da ciência. Esta questão foi ponderada na planificação das actividades realizadas no âmbito deste trabalho de investigação mas tornou-se impossível de pôr em prática, uma vez que o nosso sistema de ensino permite a escolha de diferentes disciplinas, pelos alunos, dentro da mesma turma. Deixa-se, no entanto, a nota de que o ideal seria realizar as actividades propostas em interdisciplinaridade com a Química (12ºano) ou a Física e química (11º/12º).

4.2. Análise dos Relatórios e outros documentos elaborados pelos alunos

A avaliação é parte integrante do processo de ensino-aprendizagem. É importante uma clara definição daquilo que se pretende avaliar e dos fins em vista e recorrer-se a várias técnicas e instrumentos de avaliação em função dos objectivos e das finalidades (Vieira, 2006). A avaliação é essencialmente um meio necessário para se atingir um fim (a melhoria da aprendizagem dos alunos, a selecção destes, etc.) e não um fim em si mesmo (DES, 2003a).

Seguindo as orientações dos autores consultados (e.g. Leite, 2005; Galvão *et al*, 2006; Vieira, 2006) e dos Despachos referidos anteriormente (secção 2.1.3), foram desenvolvidos diferentes instrumentos de avaliação que foram utilizados durante as actividades com os alunos: testes, questionários de auto-avaliação, relatórios de actividades, V's de Gowin e grelhas de

observação. Posteriormente foram analisados os resultados dos vários instrumentos de avaliação, que se apresentam em seguida. Procurou-se, ainda, que a autoavaliação tornasse os alunos conscientes dos seus percursos de aprendizagem.

4.2.1. Actividade de pesquisa bibliográfica

Na apresentação da informação pesquisada, em grupo turma, foram discutidos os seguintes aspectos:

- Na exploração do passado da biotecnologia não existe apenas uma definição universalmente aceite para este conceito, uma vez que foi sendo moldada, ao longo dos tempos, por factores culturais que envolvem interacções entre a ciência, a tecnologia e a sociedade.
- Os processos biotecnológicos tiveram diferentes origens;
- Desde os primórdios da humanidade, a biotecnologia desempenhou um papel importante na resolução de problemas da humanidade, ao longo dos tempos, como nos mostram os vários exemplos nas áreas de medicina, alimentação, agricultura, ambiente, energia e reciclagem;
- A biotecnologia é construída a partir do conhecimento sobre os processos naturais e avanços na ciência e tecnologia com a finalidade de melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Relativamente às tarefas 1 e 2 da ficha de trabalho nas quais os alunos identificaram os desenvolvimentos biotecnológicos listados nas áreas de Medicina, Alimentação, Agricultura, Ambiente, Energia e Reciclagem, não houve diferenças significativas nas respostas. Um dos grupos utilizou áreas mais abrangentes: Medicina, Agricultura/Alimentação e Ambiente (onde incluíram a Energia e a Reciclagem).

Na terceira tarefa, em que se pedia para completarem a tabela cronológica, após 1995, com informação pesquisada na internet, e complementada em casa, apenas 2 dos 8 grupos de alunos tiveram o cuidado de separar desenvolvimentos científicos e tecnológicos dos desenvolvimentos biotecnológicos, tal como se apresentava a tabela cronológica, tendo esse

trabalho sido realizado após a apresentação dos trabalhos dos grupos e discussão em grupo-turma.

Apresentam-se, na Tabela 11, os desenvolvimentos encontrados (as fontes não foram citadas pelos alunos mas os sites pesquisados foram os sugeridos pela professora; ver ficha de trabalho, Anexo 1).

Tabela 11: Compilação do trabalho de pesquisa efectuado pelos alunos, em grupos (28 de Março de 2008)

Data	Alguns desenvolvimentos importantes na ciência e tecnologia	Alguns desenvolvimentos importantes na biotecnologia
1995-96	Tecnologia mais rápida é adoptada na agricultura	Soja e derivados são aprovados para venda e o algodão desenvolvido pela biotecnologia é comercializado nos E.U.A.
1996	As Nações Unidas criam o programa conjunto da ONU sobre a SIDA	Agricultores produzem culturas provenientes da biotecnologia em 1,7 milhões de hectares
1997	Isolado o vírus H5N1 pela primeira vez em humanos	Cientistas escoceses anunciam a clonagem da ovelha Dolly
1998	Apresentação do mapa provisório do genoma humano (mais de 30 mil genes)	
1998		A UE autoriza o cultivo de milho geneticamente modificado na Europa
1999		A Nestlé, Unilever e a Cadbury anunciam que vão deixar de usar OGMs nos ingredientes dos seus produtos.
1999		Cientistas alemães e suíços desenvolvem o arroz dourado, enriquecido em betacaroteno que estimula a produção de vitamina A, que impede algumas formas de cegueira.
2000	Sequenciado o 1º genoma de uma planta – <i>Arabidopsis thaliana</i> , permitindo aos investigadores uma maior compreensão dos genes que controlam características específicas em várias plantas importantes na agricultura	Agricultores de 13 países cultivam culturas derivadas da biotecnologia em 44,2 milhões de hectares, um aumento de 25 vezes em relação a 1996.
2000	Cientistas descobrem que é possível retardar a manifestação dos sintomas da Doença de Alzheimer por um período de até 4 anos	Assinatura do protocolo de Biossegurança em Montreal

Tabela 11: Compilação do trabalho de pesquisa efectuado pelos alunos, em grupos (28 de Março de 2008) (continuação)

Data	Alguns desenvolvimentos importantes na ciência e tecnologia	Alguns desenvolvimentos importantes na biotecnologia
2000	Descoberta a forma pela qual os medicamentos bloqueiam a enzima que desencadeia a leucemia	Iniciam-se as investigações para o desenvolvimento de uma vacina contra a SIDA
2001		Cientistas canadenses e norte-americanos desenvolvem um tomate que floresce em condições salinas, uma descoberta com potencial para criar culturas em condições extremas
2002		São produzidas 6 culturas nos E.U.A., desenvolvidas pela biotecnologia – soja, milho, algodão, mamão, papaia, abóbora e canela. Reduz-se o uso de pesticidas em 210 mil toneladas.
2003	Mapeamento genético do organismo humano	Área de cultivo de OGMs na China aumenta 25%
2003	Detectado o primeiro caso de Pneumonia atípica	
2003	É descoberta uma enzima com propriedades anti-cancerígenas (na uva e no chá verde)	
2004		Cientistas egípcios produzem trigo geneticamente modificado resistente à seca
2005	Cientistas britânicos descobrem gene que pode bloquear o HIV	Portugal abre as portas ao milho transgénico
2006	Divulgado o mapa genético das abelhas	Telemóvel transgénico utilizando microtúbulos
2006	Desenvolvida insulina vegetal por cientistas canadianos	Planta transgénica fabrica o próprio fertilizante
2007	Identificado o genoma do ouriço-do-mar	
2007	Cientistas criam técnica para converter tipos de sangue	
2008	Genoma do milho é sequenciado nos E.U.A.	Coelho transgénico para tratamento da hemofilia

Com esta actividade os alunos realizaram um trabalho de pesquisa que lhes permitiu: a) descobrir as bases do conhecimento biotecnológico; b) conhecer algumas descobertas importantes na área da biotecnologia e c)

reconhecer a interdependência entre Ciência e Tecnologia, nas quais as enzimas são um instrumento importante.

4.2.2. Actividade laboratorial: Enzimas – processos tradicionais

Na sequência da realização da actividade laboratorial sobre a produção de queijo fresco, foi pedido aos alunos que, individualmente, completassem o diagrama em V de Gowin fornecido para a aula, tendo constituído o relatório da actividade. Todos os alunos entregaram o relatório individualmente, à excepção de dois que o realizaram conjuntamente. Durante a aula verificou-se que três dos quatro grupos concretizaram sem problemas o procedimento indicado, dentro do tempo previsto, havendo apenas a necessidade de clarificação, por demonstração, de um dos procedimentos - a adição de cardo ao leite aquecido. Um dos grupos revelou mais dificuldades durante a realização da actividade, nomeadamente no aquecimento inicial do leite, que deixaram ferver, não conseguindo posteriormente que ocorresse a sua coagulação. Houve mesmo a necessidade de repetir o procedimento, para conseguirem obter o resultado pretendido. Este grupo demorou o dobro do tempo a realizar a actividade. Dos 4 alunos que constituíam o grupo, todos referem no relatório, este erro procedimental mas apenas 2 deles o pormenorizam. Apresenta-se, em seguida, a transcrição de um excerto do relatório de um dos elementos desse grupo:

“Durante o trabalho experimental tivemos alguns erros. Primeiro, adicionámos sal ao leite, em vez de adicionarmos ao cardo utilizado. Em segundo lugar, aquecemos demasiado o leite, tendo este chegado mesmo aos 80°C quando a temperatura normal era de 45°C a 55°C. Devido a este facto tivemos dificuldade a obter o coalho do queijo já que as enzimas presentes desnaturaram devido à temperatura excessivamente alta. Estas enzimas eram responsáveis pela coagulação do leite. Deste modo, mudámos os cardos utilizados e conseguimos, assim, obter o coágulo pretendido ao fim de algum tempo. Concluo assim que a elevada temperatura a que submetemos as enzimas dos cardos que utilizámos em primeiro lugar ficaram desnaturadas. Assim, na presença de novas enzimas o leite coagulou.”

Todos os grupos conseguiram o resultado pretendido mas, salienta-se que, o mais importante desta actividade era “pôr os alunos a pensar”, manipular material de laboratório, utilizar instrumentos de medição (neste caso da temperatura) e particularmente com o grupo 1, que não conseguiu realizar correctamente a actividade, ir levantando questões, fazendo-os rever todo o procedimento efectuado, para que compreendessem o que estava a correr mal e porquê. É de referir que, dos 4 elementos do grupo, dois não desistiram, prescindindo do intervalo, e permaneceram todo o tempo a “*tentar salvar a experiência*”, como referido no relatório de um deles.

Da análise dos relatórios, que consistiram na apresentação das Transformações/ Registos e da Conclusão do diagrama em V de Gowin fornecido, salientam-se os seguintes aspectos:

À excepção de cinco alunos, todos os restantes, onze, limitaram-se a responder às questões colocadas, sem terem seguido, por exemplo, a orientação da professora no sentido de elaborarem um texto sobre as observações, resultados esperados e obtidos, sendo que as questões indicadas eram apenas de orientação da reflexão.

Apenas dois alunos fizeram referência ao tempo decorrido até à formação de flocos e início da coagulação do leite.

Relativamente à 1ª questão - “Porque foi necessário aquecer o leite no início da experiência?” - um aluno não apresentou qualquer resposta; sete alunos responderam que foi necessário aquecer o leite para se atingir a temperatura ideal de acção das cardosinas (50°C) que são activadas a temperatura mais elevada do que as enzimas de origem animal. Contrariamente ao que se esperava, oito alunos referiram que foi necessário aquecer o leite para destruir possíveis microrganismos patogénicos (quatro destes alunos referiram as duas razões). Analisando estas respostas, considera-se que a não associação da temperatura (aquecer o leite) à activação das cardosinas mas à destruição de agentes patogénicos, se deveu ao facto de a professora ter referido que era importante utilizar leite de boa qualidade, de preferência ultrapasteurizado (e explicado o significado de UHT)

e da importância deste tratamento inicial do leite para a sua conservação (conteúdo programático que os alunos só aprendem posteriormente).

Na resposta à 2ª questão - “O tempo de duração da actividade foi influenciado por variações de temperatura? Justifique.” - todos os alunos referiram que a temperatura afecta a actividade das cardosinas e relacionaram com as observações efectuadas à excepção de um aluno que não relaciona a resposta com as observações efectuadas, apresentando apenas noções teóricas sobre a influência da temperatura sobre a actividade enzimática. Dois alunos apresentam erros nas suas explicações, um referindo que “a temperatura superior a 55°C levou a desnaturação das bactérias (...)” e outro que “a temperatura da água variou em cerca de 10°C (...)”. Nove alunos relacionam a resposta com as observações efectuadas, explicando-as. Apenas um aluno indica os cuidados que tiveram para manter a temperatura constante. Deste grupo de respostas mais completas apresenta-se o exemplo seguinte:

“Sim, o tempo previsto para a duração da actividade era cerca de 15 minutos. Constatou-se no final que, até ser atingida a floculação, passaram cerca de 26 minutos. Este intervalo de tempo discrepante pode dever-se a uma temperatura demasiado elevada, visto que no início do aquecimento atingiu-se uma temperatura de 70°C, quando a temperatura ideal era de 50°C (pode portanto ter ocorrido a desnaturação de algumas enzimas).”

Relativamente à 3ª questão - “Indique a origem do coagulante enzimático utilizado” - todos os alunos indicaram correctamente a origem vegetal das cardosinas.

No que diz respeito à última questão colocada - “Será possível realizar esta actividade utilizando coagulantes de outro tipo? Se sim, dê exemplos.” – todos os alunos responderam correctamente, identificando coagulantes de origem animal (onze alunos) e especificando coagulantes como a renina ou a quimosina (dez alunos), de origem microbiana (um aluno), e substâncias como o vinagre ou o limão (onze alunos). Estas referências a coagulantes de outro tipo resultaram, muito provavelmente, da pesquisa anteriormente feita sobre os processos tradicionais de fabrico e conservação de alimentos.

Um aluno incluiu alguma informação teórica no relatório (que não foi solicitada).

A conclusão foi apresentada em catorze dos dezasseis relatórios, de entre os quais, três apenas concluem que é possível a produção de queijo fresco através de plantas, isto é, apenas respondem à questão-problema. Deste conjunto de conclusões pode dar-se o seguinte exemplo:

“Constatou-se que a flor seca da planta Cynara cardunculus provocou a coagulação do leite. Conclui-se portanto que é possível produzir queijo através de plantas.”

Os restantes onze alunos fazem ainda referência à importância da temperatura ser mantida dentro de certos parâmetros, como mostra o exemplo que se apresenta em seguida:

“É possível fazer queijo fresco com enzimas vegetais desde que a temperatura seja moderadamente alta para que as enzimas vegetais estejam activas, mas temos de ter cuidado pois se aumentarmos demasiado a temperatura as enzimas desnaturam.”

Um dos alunos apresenta uma conclusão bastante confusa e com erros a nível conceptual: *“Sim, é possível, nesta experiência utilizamos cardos e verificámos que estes coalhavam o leite, ou seja as enzimas vegetais presentes nos cardos, quando elevadas à sua temperatura óptima de acção, proporcionaram a mudança de pH no leite o que leva este mesmo a coalhar.”*

Apenas um aluno apresentou uma referência bibliográfica consultada.

De acordo com a tipologia das actividades laboratoriais proposta por Leite e Figueiroa (2004), considera-se que a actividade de Trabalho Laboratorial desenvolvida se enquadra nos “Exercícios”, uma vez que o objectivo primordial era a aprendizagem de conhecimento procedimental e estava vocacionada para a aquisição de conhecimento procedimental, na forma de técnicas e competências laboratoriais.

Jorge (2007) refere que, durante a actividade experimental, os alunos (do ensino secundário) demonstraram dificuldades em: a) relacionar a teoria com a prática; b) utilizar linguagem científica e c) estruturar os relatórios.

Durante a realização da actividade verificou-se que os alunos revelaram dificuldades semelhantes, em particular, na aplicação conceptual ao procedimento que efectuaram. Além disso, mostraram dificuldade em distinguir variáveis dependentes e independentes. Cerca de metade dos alunos revelaram ainda poucas *skills* de trabalho laboratorial (competências procedimentais). Verificou-se que a maioria dos alunos foi tirando anotações ao longo da aula.

Da análise dos relatórios (apesar de orientados pelo V de Gowin, parcialmente preenchido), verifica-se, tal como refere Jorge (2007) que, na estruturação do relatório, os alunos confundem, por exemplo, a Discussão de Resultados com as Conclusões. Considera-se que o V de Gowin ajuda os alunos a adquirir e a desenvolver estas competências, permitindo que mais tarde sejam capazes de elaborar de forma eficaz relatórios mais completos.

4.2.3. Actividade de *Role-play* – Papel das enzimas em alimentos do dia-a-dia

Na sequência do que foi descrito sobre esta actividade, no Capítulo anterior (Secção 3.4.2.3), os alunos dos Grupos 1 e 2 trabalharam a questão-problema A e os alunos dos Grupos 3 e 4 a questão-problema B. Todos os grupos tiveram, no mínimo, uma semana para preparação da parte experimental e algum tempo após a sua realização, até ao debate e à apresentação dos relatórios.

O não acompanhamento pela professora durante a parte de preparação da actividade, que foi realizada na biblioteca escolar, não permitiu a recolha de informação sobre a organização dos alunos dentro do grupo (ainda que esta se manifeste na forma como os alunos realizaram o trabalho experimental) ou o levantamento de questões feitas pelos alunos em relação à problemática em estudo. Apesar deste aspecto menos positivo, é importante referir que, a divisão da turma entre o laboratório e a biblioteca funcionou muito bem e foi possível graças ao bom comportamento e maturidade dos alunos. Além disso, despertou curiosidade nos alunos em relação ao trabalho dos colegas, notória

por exemplo, numa questão colocada por um aluno à professora enquanto trabalhava na biblioteca: *“Oh stora, como é que está a correr-lhes a experiência? Queria ser uma mosca para ir lá espreitar... Também deve ser giro o tema deles!”*

Verificou-se, em todos os grupos, uma maior autonomia e menor solicitação da ajuda da professora durante a realização da parte experimental, em que foram os próprios alunos a desenvolver a actividade, comparativamente à actividade de produção de queijo fresco, em que se forneceu o protocolo. Os alunos foram autónomos na resolução de pequenos entraves como a falta de material laboratorial disponível no Laboratório de Biologia, tendo recorrido ao Laboratório de Química. Os próprios alunos escolheram o material a utilizar, tendo mesmo o grupo 3, acrescentado algum material que descobriram que existia no laboratório (tinham planeado, por exemplo, medir o pH com papel indicador mas depois utilizaram também o aparelho medidor de pH). A Figura 4 mostra um dos grupos durante o trabalho experimental e na Figura 5 pode observar-se a montagem efectuada por um dos grupos que trabalhou a questão-problema B.

No entanto, verificou-se que apenas um grupo (Grupo 4) trazia o procedimento escrito o que revela a pouca experiência dos alunos neste tipo de abordagem pedagógica.

Além disso, foi necessário direccionar os alunos na identificação das variáveis dependentes e independentes e na forma como teriam de medir estas variáveis, questionando-os antes de iniciarem a realização do seu trabalho experimental. Isto verificou-se nos quatro grupos de trabalho, o que vem ao encontro do que é referido por McBroom e Oliver-Hoyo (2007), que indicam a dificuldade de muitos alunos em compreenderem a diferença entre variáveis independentes e dependentes.



Figura 4: Alguns alunos⁽⁴⁾, durante a realização da parte experimental da actividade de *Role-play* no dia 12/05/2008



Figura 5: Montagem experimental elaborada por um dos grupos relativamente à situação-problema B, na actividade de *Role-play* no dia 12/05/2008

Considerando que esta actividade, planeada pelos alunos, conduziu ao desenvolvimento duma actividade prática, que implicou o controlo e manipulação de variáveis, esta insere-se no grupo dos trabalhos experimentais,

⁽⁴⁾A todos os alunos envolvidos no estudo foi pedida autorização para divulgação das suas fotografias no âmbito deste estudo.

mais concretamente, nas “Investigações”, de acordo com a tipologia proposta por Leite e Figueiroa (2004) cujo objectivo primordial era a aprendizagem de conhecimento conceptual. Esta actividade, implementada numa perspectiva de resolução de problemas, enriquecida numa contextualização em *Role-play*, obrigava à colocação de hipóteses de solução, à procura de um procedimento laboratorial que possibilitasse uma resposta possível, a avaliação e determinação da pertinência dos dados obtidos, ou a reformulação de todo o procedimento investigativo. Além disso, proporcionou experiência na manipulação de instrumentos de medida, como a balança de precisão, o termómetro e o medidor de pH, e a aplicação de regras do trabalho experimental, como seja a necessidade de manter controladas algumas variáveis independentes.

No entanto é necessário começar desde cedo no percurso escolar dos alunos a realização de actividades de carácter investigativo e continuar com este tipo de actividades para delas retirar todas as vantagens, tal como refere Martins (2003).

Os alunos mostraram empenho durante todas as fases da actividade o que manifesta que gostaram do que foi proposto. Isto vai ao encontro do que referem McBroom e Oliver-Hoyo (2007) quando indicam que, as actividades envolvendo enzimas presentes nos alimentos, são as preferidas de professores e alunos. Abrahams e Millar (2008) também referem que muitos alunos indicaram uma actividade de *Role-play* quando questionados sobre as actividades práticas que tinham realizado até ao momento. Estes alunos do ensino básico recordaram a actividade realizada como sendo uma das suas preferidas.

Aos alunos foi pedido que apresentassem um relatório científico do seu trabalho de grupo aos restantes colegas, durante a realização do debate. Apresentam-se, de seguida, os V de Gowin elaborados pelos grupos e uma análise dos relatórios apresentados. Na Figura 6 apresenta-se o V de Gowin elaborado pelo grupo 1 e na Figura 7 o V de Gowin elaborado pelo grupo 2. Relativamente aos grupos 3 e 4, que trabalharam a situação-problema B, o

grupo 3 não incluiu o V de Gowin no relatório, tendo justificado que consideravam difícil apresentar os resultados obtidos apenas sob a forma de um diagrama. Apesar disso, o relatório deste grupo foi analisado em termos comparativos ao do grupo 4 (Figura 8).

V de Goings

Questão problema

Qual o efeito da temperatura na enzima bromelaína presente no ananás?

Teoria

A enzima bromelaína presente no ananás fresco faz com que a gelatina na presença desta não solidifique.

Princípios

1. A bromelaína funciona como uma tesoura que corta as ligações entre alguns dos aminoácidos que formam as proteínas, não permitindo assim que se forme uma rede tridimensional, característica da gelatina;
2. A bromelaína pode ser desnaturada quando submetida a altas temperaturas e pode ficar inactiva a baixas temperaturas, não exercendo assim a sua função de “corte”.

Conceitos

Enzimas, bromelaína, temperatura, desnaturação, inactivação, gelatina, ananás fresco.

Conclusão

Dos quatro recipientes de gelatina feitos só no 3º a gelatina solidificou, porque a enzima bromelaína estava desnaturada e não exerceu a sua função de “corte” de aminoácidos. No recipiente 4 era esperado a solidificação da gelatina, o que não ocorreu. Isto pode ser explicado por diversas razões, por exemplo, o facto desse recipiente ter sido exposto a condições de temperatura desfavoráveis o que pode ter influenciado de alguma maneira o comportamento da gelatina. Nos recipientes 1 e 2 os resultados eram os esperados (a gelatina não solidificou) já que a bromelaína não foi destruída, actuando.

Transformações/Registos

Questões para reflexão:

1. Será que a mudança de meio de temperatura a meio do processo de solidificação influenciou os resultados?

Material/ Procedimento

Material:	Procedimento:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ananás fresco; ➤ Gelatina de ananás; ➤ Balança; ➤ 3 Gobelés; ➤ 3 Recipientes de plástico; ➤ Placa de aquecimento; ➤ Banho de água; ➤ Panela; ➤ Faca; ➤ 2 Provetas; ➤ Colher; ➤ Frigorífico; ➤ Termómetro. 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Cortou-se e pesou-se 4 porções de ananás fresco (32,5g); 2- Preparou-se a gelatina de ananás numa panela com 250 ml de água previamente fervida e adicionou-se depois 250 ml de água fria; 3- Dividiu-se a gelatina em 4 porções de 125 ml cada uma, para colocar em 4 recipientes diferentes; 4- Ao mesmo tempo, submeteu-se a 1º porção de ananás a temperaturas baixas (6°C), a 2º porção de ananás à temperatura ambiente (25°C), a 3º porção de ananás a altas temperaturas (80°C) e a 4º porção de ananás em banho – maria (71°C). O ananás esteve nas condições referidas durante 5 minutos; 5- No 1º recipiente colocou-se a gelatina e o ananás que foi submetido a temperaturas baixas. No 2º recipiente colocou-se o ananás à temperatura ambiente com gelatina. No 3º recipiente colocou-se gelatina e o ananás submetido a altas temperaturas (fervido). No 4º recipiente colocou-se a gelatina e o ananás aquecido em banho – maria; 6- Deixou-se os 4 recipientes à temperatura ambiente durante 2 dias. Depois, devido a problemas alheios à nossa vontade teve-se de colocar os recipientes no frigorífico.

Figura 6: V de Gowin elaborado pelo grupo 1 (situação-problema A)

**Teoria**

A gelatina é um produto alimentar muito utilizado em que existem muitos factores, como adição de certos ingredientes, proporções gelatina/líquido e a temperatura que é preparada a mistura, que afectam a sua solidificação. Se for adicionado um ingrediente como, por exemplo, o ananás fresco a gelatina não irá gelificar pois este fruto contém uma enzima chamada Bromelaína que quebra qualquer estrutura molecular de proteínas em que é inserida, cortando as ligações entre alguns dos aminoácidos que formam as proteínas.

Para esta enzima desaparecer da constituição do ananás temos que trabalhar com variações de temperatura que é um dos factores que afecta a sua actividade. O ananás terá de ser submetido a temperaturas mais elevadas para a enzima desnaturar, podendo em seguida ser inserida na gelatina e esta gelificar normalmente.

Princípios

1. O ananás possui uma enzima chamada Bromelaína que quebra as proteínas da gelatina impedindo-a de solidificar.
2. Ao ferver o ananás as enzimas desnaturam permitindo a solidificação da gelatina em que o ananás foi inserido.

Conceitos

Bromelaína, ananás, gelatina, enzimas, acção enzimática, temperatura óptima, desnaturação enzimática

Questão problema

É possível que a gelatina solidifique se for inserido ananás fresco?

Conclusão

Conseguimos com sucesso avaliar a questão problema apesar de não termos feito teste com o ananás enlatado para ver o que acontecia. Contudo sabemos, teoricamente, que caso tivéssemos feito esse teste, a gelatina com o ananás enlatado teria solidificado porque este ananás já teria sido sujeito a temperaturas mais elevadas, ou seja, fervido para processo de conservação.

A enzima do ananás, embora tenha uma temperatura óptima de 50°C – 60°C, funciona também a temperaturas até pelo menos 15°C pois a gelatina contendo o ananás fresco, mesmo estando a essa temperatura, não solidificou, ou seja, a enzima estava a funcionar nessa temperatura. Não conseguimos determinar a temperatura de inactivação da enzima em estudo mas temos dados que indicam que deve ser a uma temperatura muito baixa. Afinal a gelatina adquirida pelo consumidor não estava estragada, como ele pensava, mas tinha usado os métodos errados para preparar o ananás que adicionou.

Transformações/Registos

Quando as amostras foram retiradas do frigorífico a uma temperatura de 15°C:

- A - Amostra de controlo constituída apenas por gelatina solidificou
- B - Amostra problema constituída por gelatina e ananás fresco não solidificou
- C - Amostra constituída por gelatina e ananás que tinha sido colocado do frio não solidificou
- D - Amostra constituída por gelatina e ananás cozido solidificou

Material/ Procedimento**Material:**

4 Gobelés de 250ml;
Proveta de 250ml;
Placa de aquecimento;
3 Placas de Petri;
Frigorífico;
Balança digital;
Faca;
Tabuleiro;
Vareta;
Panela;
Água;
Termómetro.

Reagentes:

Gelatina de ananás;
Ananás fresco.

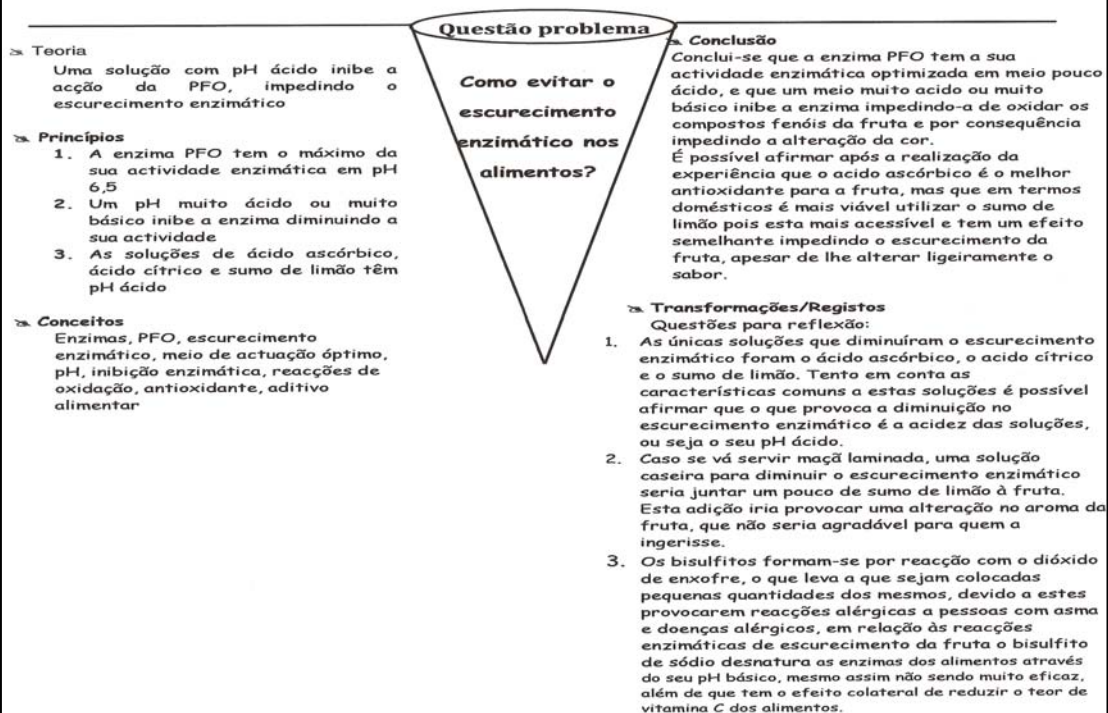
Procedimento:

1. Antes de começar, lave as mãos;
2. Comece por cortar o ananás em pequenos pedaços e pese três porções iguais de 16g numa balança;
3. Coloque a primeira porção no congelador durante 10 minutos, a segunda à temperatura ambiente e a terceira porção coza em água durante 10 minutos;
4. Coloque a aquecer 250mL de água numa panela até atingir o ponto de ebulição com o auxílio de uma placa de aquecimento;
5. Em seguida coloque o conteúdo do pacote de gelatina na água e dissolva o pó com o auxílio de uma vareta;
6. Adicione 250mL de água fria e uniformize com a vareta;
7. Insira 125mL de gelatina em cada gobelê;
8. Coloque as respectivas porções de ananás em 3 gobelés com gelatina e meta no frigorífico (a 15°C) durante 3 horas e 30 minutos;
9. Por fim, retire as porções do frigorífico e interprete os resultados.

Figura 7: V de Gowin elaborado pelo grupo 2 (situação-problema A)

Procedimento Experimental

Esta actividade tem como objectivo testar diversas soluções para determinar qual a que reduz com maior eficácia a acção da PFO, diminuindo o escurecimento enzimático da fruta.



Actividade Enzimática - Papel das enzimas na conservação de alimentos

4

Figura 8: V de Gowin elaborado pelo grupo 4 (situação-problema B)

Material/ Procedimento

Material: <ul style="list-style-type: none"> Caixa de plástico branca 12 Placas de Petri 1 Maçã 1 Banana 1 Faca Limões 5 Gobelés (ideal 75 ml) Proveta Pinça metálica 3 Balões de 1 litro 2 Balões de 500 ml Espremedor de limões 1 Vareta de vidro Etiquetas 2 Temporizadores Soluções: <ul style="list-style-type: none"> Ácido cítrico Sulfito de sódio Sacarose Ácido ascórbico Sumo de limão 	Procedimento: <ol style="list-style-type: none"> Antes de se começar deve-se vestir a bata e lavar as mãos; Preparam-se as soluções: <ul style="list-style-type: none"> Para 1 L de sumo de limão a 33%, dissolve 330 mL de sumo de limão puro em 670mL de água (ligeiramente menos do que esta quantidade). Para 1 L de ácido cítrico (C6H8O7) a 1%, dissolve 10g de ácido cítrico (sólido) em aproximadamente 975 mL de água. Depois de o ácido cítrico dissolver, completar o volume final de 1000mL adicionando água. Para 1 L de sulfito de sódio (Na2SO3), dissolve 8g de bissulfito de sódio granulado em aproximadamente 975 mL de água. Para 1 L de sacarose (C12H22O11) a 10%, dissolve 100g de sacarose em aproximadamente 900 mL de água. Depois da sacarose se dissolver, completar o volume final de 1000mL adicionando água. Para 1 L de ácido ascórbico (C6H8O6), dissolve 17,6g de ácido ascórbico em aproximadamente 975 mL de água. Depois de o ácido ascórbico se dissolver, completar o volume final de 1000mL adicionando água. Mede-se o pH de cada uma das soluções: <ul style="list-style-type: none"> Com o papel indicador Com o medidor electrónico Colocam-se 6 placas de Petri na caixa de plástico dispostas em duas linhas e etiquetam-se as placas de Petri com o nome das soluções. Colocam-se 5 gobelés em frente da caixa e com o auxílio de uma proveta graduada colocam-se 50 ml de cada uma das soluções nos gobelés. Muito rapidamente cortam-se 5 fatias da maçã com cerca de meio centímetro de espessura e mergulham-se uma em cada gobelé. Deixa-se repousar durante 2 minutos. Findo o tempo, retiram-se, rapidamente, as fatias de maçã, com o auxílio de uma pinça, dos gobelés e colocam-se nas placas de Petri, no local correcto referente a solução em que a fatia esteve mergulhada. Ao mesmo tempo, corta-se uma fatia da maçã e deita-se fora, corta-se uma segunda fatia que é colocada na caixa de Petri assinalada como amostra padrão. Deixa-se repousar entre 10 a 30 minutos (recomenda-se os 30 min). Observam-se os resultados. Repetem-se os passos 4 a 8 para a banana. Lavam-se os materiais e armazenam-se nos respectivos locais.
---	--

Resultados

- Medição de pH das soluções

	Sumo de limão	Ácido cítrico	Sulfito de sódio	Sacarose	Ácido ascórbico
Papel indicador	1	1	6	6	2
Medidor electrónico	2,89	2,65	7,74	7,63	3,23

Os diagramas de V de Gowin foram analisados tendo em conta os seguintes critérios:

- Definição da questão problema;
- Mobilização do conhecimento a registar na ala conceptual;
- Material e Procedimento;
- Interpretação e discussão dos resultados experimentais;
- Conclusões.

Comparando as questões-problema definidas pelos grupos 1 e 2, que trabalharam a actividade sobre a bromelaína, considera-se que o grupo 2 definiu claramente a questão central e articulou-a melhor com a ala conceptual do que o grupo 1. Este grupo definiu a seguinte questão-problema: *“Qual o efeito da temperatura na enzima bromelaína presente no ananás?”* mas na teoria dizem apenas que *“a enzima bromelaína presente no ananás faz com que a gelatina na presença desta não solidifique.”* Apesar disto, os princípios e conceitos que este grupo define são adequados à actividade. O grupo 2 relaciona muito bem a questão-problema com a teoria apresentada, assim como os princípios que definiram e os conceitos que apresentam, e que se adequam à actividade.

No que diz respeito às questões-problema dos grupos 3 e 4, que trabalharam o tema da PFO (polifenoloxidase), o grupo 3 optou por apresentar um relatório em formato mais tradicional, como foi referido anteriormente e, por isso, não definiu uma questão-problema. A fundamentação teórica que apresentam indica, como objectivos da actividade, *“compreender a actividade enzimática na conservação, melhoramento e produção de novos alimentos e perceber quais os factores que influenciam as respectivas enzimas.”* Fazem ainda uma explicação breve sobre a influência da PFO na reacção de escurecimento enzimático em frutas e vegetais. Esta fundamentação teórica não apresenta erros conceptuais.

O grupo 4 definiu a seguinte questão-problema: *“Como evitar o escurecimento enzimático nos alimentos?”* fazendo bem a articulação com a teoria, os princípios e os conceitos apresentados na ala conceptual.

Relativamente aos materiais utilizados e procedimentos elaborados pelos grupos, não se verificam diferenças significativas entre os protocolos

apresentados pelos grupos 1 e 2. No entanto, é importante referir que o grupo 1 não utilizou um gobelé contendo apenas gelatina (sem o ananás) como controle da experiência. Consideraram como controle, a amostra contendo gelatina e ananás submetido à temperatura ambiente. O Grupo 2 utilizou como controlo uma amostra contendo apenas a gelatina.

Os grupos 3 e 4 utilizaram procedimentos semelhantes para pesquisar o efeito de diferentes soluções em pedaços de maçã e banana recentemente cortados. Nota-se um maior cuidado e uma descrição mais pormenorizada no procedimento apresentado pelo grupo 4 (Figura 8), chamando a atenção para pormenores tais como “*dispor as caixas de Petri em duas linhas e etiquetá-las com o nome das soluções*” (...) “*cortam-se 5 fatias de maçã com cerca de meio centímetro de espessura*” (...) “*ao mesmo tempo corta-se uma fatia da maçã e deita-se fora, corta-se uma segunda fatia que é colocada na caixa de Petri assinalada como amostra padrão*”. Isto mostra que compreenderam bem a importância de manter controladas variáveis como o tempo de exposição ao ar (também na amostra padrão).

No que diz respeito à interpretação e discussão dos resultados experimentais, os grupos 2, 3 e 4 apresentaram fotografias das suas montagens experimentais e todos os grupos incluíram tabelas com o registo das observações: os grupos 1 e 2, indicando em quais das amostras a gelatina solidificou ou não; os grupos 3 e 4 apresentaram tabelas com o pH medido em cada solução utilizada e registos das observações. O grupo 4 apresentou fotos para ilustrar o escurecimento verificado nas frutas 30 minutos e 2 horas após o início da experiência. O grupo 3 apresentou um registo muito completo das observações 30 minutos após o início da experiência, 3h15 minutos depois, 1 dia depois e 2 dias depois. É interessante assinalar que este grupo “inventou” uma escala de grau de escurecimento de 1 (mais escuro) a 6 (menos escuro) como se pode observar na Figura 9. Incluíram também 2 gráficos para mostrar a evolução do escurecimento enzimático ao longo tempo na banana e na maçã, respectivamente.

Na opinião da autora, a inclusão de fotos, tabelas e gráficos nos relatórios apresentados por 3 dos 4 grupos, (sem que tenha sido feita qualquer referência

pela professora) é revelador do interesse dos alunos pela actividade e do planeamento cuidadoso que fizeram.

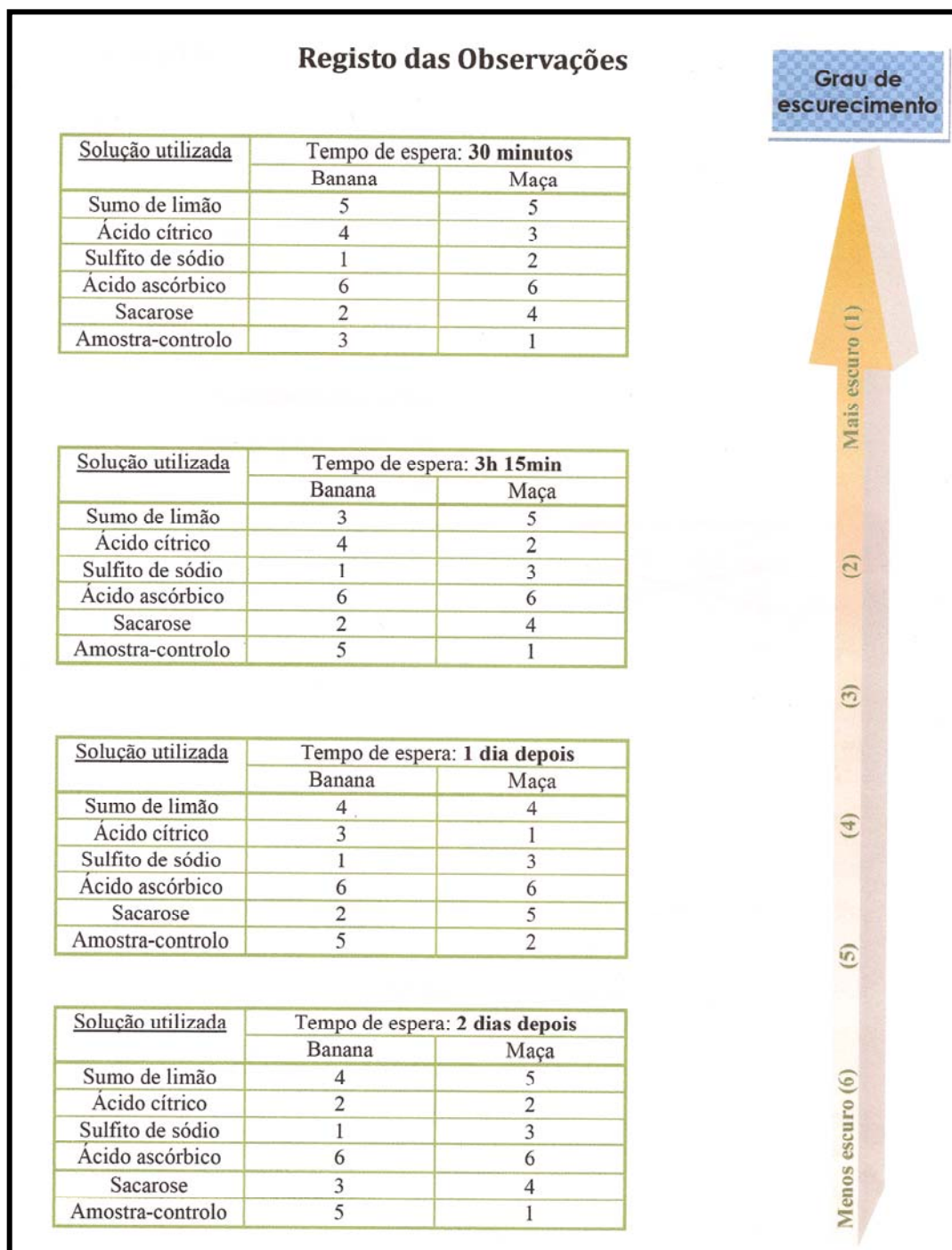


Figura 9: Registo de observações elaborado pelo grupo 3 (situação-problema B) em que se pode observar a escala de escurecimento criada pelos alunos

Nas Transformações/ Registos do V de Gowin, o grupo 1 apenas incluiu a seguinte questão para reflexão: “Será que a mudança de meio de

temperatura a meio do processo de solidificação influenciou os resultados?”

Após uma leitura mais atenta do relatório deste grupo, na parte a que chamaram conclusão e crítica dos resultados, percebe-se que este grupo não obteve os resultados que esperava, pois apenas ocorreu a solidificação da gelatina numa das amostras (a que continha ananás submetida a temperaturas altas). No texto colocam hipóteses para o facto de não terem obtido os resultados que esperavam:

“(…)A primeira hipótese baseia-se no facto de a temperatura de aquecimento do ananás ter sido menor do que a de aquecimento do ananás contido no recipiente 3, o que pode ter contribuído para a não desnaturação das enzimas, efectuando estas a sua função. (...) A outra hipótese tem como fundamento o facto de os recipientes enquanto estavam em repouso à temperatura ambiente num local não exposto ao sol, serem colocados num outro local onde ficaram submetidos ao calor directo do sol. Verificámos isto mesmo quando detectámos o incidente. (...) Devido ao facto de nos depararmos com a mudança de recipientes para um local desfavorável, para remediar a situação decidimos colocar os 4 recipientes dentro do frigorífico, o que pode ter acelerado a solidificação do recipiente 3. (...)”

Considera-se que o erro procedimental, efectuado por este grupo de alunos, levou a que não tivessem obtido os resultados esperados. No entanto, é notória uma reflexão sobre o sucedido e uma tentativa de resolução do problema com que se depararam.

Noutro grupo, depois da realização da parte experimental, perceberam que deviam ter acrescentado outro elemento ao seu procedimento: *“Conseguimos com sucesso avaliar a questão-problema apesar de não termos feito teste com o ananás enlatado para ver o que acontecia”* Isto porque sugeriam ao cliente descontente a utilização de ananás enlatado para substituir o ananás fresco.

Na opinião da autora, estes exemplos são indicativos do desenvolvimento de competências conceptuais e procedimentais nos alunos.

Os restantes grupos interpretaram os resultados de forma correcta, sintetizando observações e dados obtidos e estabelecendo relações entre

estes e a ala conceptual. Um exemplo desta conclusão da autora é o seguinte excerto apresentado pelo grupo 4:

“As únicas soluções que diminuíram o escurecimento enzimático foram o ácido ascórbico, o ácido cítrico e o sumo de limão. Tendo em conta as características comuns a estas soluções é possível afirmar que o que provoca a diminuição no escurecimento enzimático é a acidez das soluções, ou seja, o seu pH ácido.”

Um aspecto curioso a realçar é a linguagem utilizada pelos alunos várias vezes nos seus relatórios e que mostra que realizaram a actividade de *Role-play* como se de facto estivessem a encarnar o papel de técnicos. São indicativos desta análise os seguintes exemplos:

“A gelatina utilizada estava em bom estado para ser manuseada nesta actividade. Este facto foi observado através da amostra de controlo, constituída somente por gelatina, que solidificou normalmente quando foi colocada algum tempo no frigorífico.” (Como se estivessem de facto a testar a gelatina)

“Afinal a gelatina adquirida pelo consumidor não estava estragada, como ele pensava, mas tinha usado métodos errados para preparar o ananás que adicionou.”

No que diz respeito à conclusão, de um modo geral, embora com diferentes graus de desempenho, os alunos foram capazes de tirar conclusões, avaliando as hipóteses face aos resultados obtidos. Comparativamente às conclusões relativas à actividade laboratorial de produção de queijo fresco, nota-se uma melhoria na forma como as apresentam, à excepção do grupo 1, que continua a não distinguir muito bem discussão de resultados e conclusões.

Todos os relatórios apresentam referências bibliográficas, conforme solicitado na ficha de orientação.

Relativamente à situação-problema A, foi ainda pedido aos alunos que incluíssem no relatório uma carta de resposta ao cliente descontente a explicar o que se tinha passado com a gelatina. Nas Figuras 10 e 11, apresentam-se as

respostas elaboradas, respectivamente, pelos grupos 1 e 2. Em ambas as cartas, verifica-se uma explicação correcta e explícita do sucedido. A carta elaborada pelo grupo 1 (Figura 10) sugere mesmo a divulgação de um rótulo, a inserir nas embalagens de gelatina produzidas pela “empresa”. É interessante notar que este grupo criou um nome para a sua empresa – *Grupo Gelatinas & Companhia* – o que, na opinião da autora, é indicativo de que estes alunos aderiram completamente à situação de *Role-play*, “vivendo” esta actividade como se fosse uma realidade, o que enriqueceu o trabalho por eles desenvolvido. Além disso, nas cartas de ambos os grupos, nota-se a preocupação “em não perder o cliente”, o que mais uma vez mostra que se reviram no papel de uma verdadeira empresa (e.g. “*Esperamos ter conseguido elucidá-lo quanto à causa da não solidificação da gelatina e esperamos também que confie novamente na qualidade dos nossos produtos*”).

Resposta ao Consumidor descontente:

Bombarral, 16 de Maio de 2008

Estimado cliente,

Vimos por este meio responder à carta de reclamação que nos foi dirigida por V. Ex^a na passada semana.

Ao termos recebido a sua reclamação acerca de um dos nossos produtos, a gelatina de ananás, tratámos imediatamente de averiguar o que tinha causado a não solidificação do referido produto.

Depois de testes em laboratório chegámos à conclusão que a gelatina de ananás utilizada por V. Ex^a não estava estragada.

A gelatina não solidificou apenas porque lhe foi adicionado ananás fresco. O ananás fresco contém uma enzima que faz com que a gelatina não consiga solidificar.

Esperamos ter conseguido elucidá-lo quanto à causa da não solidificação da gelatina e esperamos também que confie novamente na qualidade dos nossos produtos.

Com os melhores cumprimentos,

Grupo Gelatinas & companhia

Texto a divulgar pela empresa:

Rótulo

É importante referir que a mistura desta embalagem de gelatina com frutos frescos (ex: ananás, papaia, figo e kiwi) no seu estado natural, fará com que a mesma não solidifique devido à acção de enzimas que se encontram nos frutos.

Se quiser misturar frutos frescos à gelatina é indispensável fervê-los anteriormente. Com este procedimento estará a destruir as enzimas responsáveis pela não solidificação da gelatina.

Bom proveito!

Figura 10: Carta elaborada pelo grupo 1, incluída no relatório apresentado

☞ **Carta enviada ao consumidor insatisfeito do produto que adquiriu**

“Caro cliente identificado,

Em resposta à sua carta, na qual se queixava de ter adquirido um produto da nossa empresa estragado, foram realizados vários testes para ver o teria acontecido para tal incidente que nos comunicou. Através dos resultados obtidos pudemos concluir que o produto estava em boas condições, mas os procedimentos utilizados na preparação do ananás que colocou na gelatina não foram os mais adequados levando ao fracasso de a gelatina não solidificar.

A razão pela qual a gelatina não solidificou é muito simples: ao adicionar o ananás fresco, este impediu a solidificação da gelatina devido à existência de uma enzima chamada Bromelaína que quebrou as ligações da gelatina impedindo que ela solidificasse mesmo que tivesse muito tempo no frigorífico.

Se quiser adicionar ananás na gelatina para fazer a sobremesa terá de submeter o ananás a temperaturas mais altas antes de adicionar na gelatina. Uma das formas é ferver o ananás ou então pode usar ananás enlatado que já foi aquecido para se conservar.

Esperemos que tenhamos conseguido esclarece-lo e que continue a consumir os nossos produtos.

Com os melhores cumprimentos,”

Empresa de produtos alimentares

Figura 11: Carta elaborada pelo grupo 2, incluída no relatório apresentado

Posteriormente à concretização da parte experimental, realizou-se um debate onde se simulou uma reunião entre as comissões técnicas das 4 empresas alimentares. Pretendia-se, tal como é sugerido por Doran *et al* (2002 in Vieira, 2006) que, os alunos revissem e criticassem o trabalho dos pares indicando pontos fortes e fracos nos procedimentos utilizados, dados recolhidos e transformados, e conclusões elaboradas. Neste debate, os alunos apresentaram os seus trabalhos e conclusões, tendo os grupos 3 e 4 ilustrado as suas apresentações com suporte multimédia. O grupo 2 levou para o debate os gobelés com a gelatina e foram mostrando aos colegas o que obtiveram, à medida que foram apresentando o seu trabalho.

Por condicionamentos de tempo, os alunos não puderam partilhar entre si os relatórios, antes da realização do debate, o que na opinião da autora deste

estudo, contribuiu para que tenha sido pouco participado e ficado aquém das suas expectativas. Perdeu-se alguma profundidade na discussão dos procedimentos e resultados, que seria muito maior se os alunos tivessem pensado nas questões previamente. Além disso, os alunos não estavam habituados a este tipo de discussão. Verificou-se, tal como defendem Doran *et al* (2002) e Santos (2002, in Vieira, 2006) que a coavaliação é um instrumento de regulação interno e externo importante, embora exija tempo e aprendizagem. Também terá contribuído para a pouca participação, o facto de cada grupo ter um porta-voz, o que reduziu as intervenções praticamente só a estes elementos. Este factor poderá ser minimizado se este tipo de debates se realizar com mais frequência e se todos os elementos forem rotativamente passando por esse papel.

A professora, que desempenhou um papel de moderadora do debate, a determinada altura, sentiu a necessidade de colocar algumas questões na tentativa de facilitar a discussão. No entanto, numa análise posterior às questões colocadas, verifica-se que todas foram no âmbito dos procedimentos efectuados e do feedback dos alunos sobre a actividade realizada. A autora reconhece que faltou fazer a ponte entre as conclusões da actividade e os conceitos científicos inerentes a ela (e.g. factores que afectam a actividade enzimática, especificidade enzimática). Apenas se tiraram conclusões sobre o papel das enzimas no dia-a-dia, em termos de áreas de aplicação. É importante reconhecer, como defendem, por exemplo, Abrahams e Millar (2008) que as ideias científicas não emergem das observações e que o professor desempenha um papel fundamental em ajudar os alunos a estabelecer esta ligação.

Em suma, a actividade de *Role-play*, na opinião da autora, contribuiu para o desenvolvimento de competências a vários níveis, conceptual, procedimental e atitudinal uma vez que permitiu: a) ilustrar conceitos, factos e princípios; b) desenvolver a capacidade de análise, síntese e interpretação de resultados; c) discutir ideias, reflectir e avaliar criticamente o trabalho desenvolvido; d) desenvolver capacidades de comunicação e de cooperação com os outros; e) favorecer o desenvolvimento de atitudes como a confiança, o empenho, a

autonomia e a responsabilidade face à prática laboratorial; f) tornar mais reais os fenómenos biológicos.

4.2.4. Jogo das enzimas

A realização do Jogo das Enzimas revelou-se altamente motivadora para os alunos. Logo que entraram na sala de aula mostraram grande interesse em experimentar os materiais dos jogos previamente dispostos em diferentes grupos. A Figura 12 mostra uma perspectiva da sala, durante o Jogo das Enzimas.



Figura 12: Um dos grupos, durante o Jogo (07/05/2008)

As regras do jogo são numerosas e levam algum tempo, no início, a explicar aos alunos. Apesar disto, depois de compreendido o objectivo do jogo e os diferentes materiais disponibilizados, os alunos seguiram as regras autonomamente e quase sem esclarecimentos adicionais da professora. Durante a aula foram observados aspectos como o empenho dos alunos e o cumprimento das regras do jogo. Todos os alunos mostraram grande empenho e interesse pela actividade, observação apoiada pelo facto de três dos quatro grupos terem voltado a iniciar de novo o jogo assim que terminaram. Os quatro

grupos apresentaram correctamente preenchidas as folhas de registo laboratorial, com todos os passos dados pelos diferentes jogadores. No espaço destinado a questões, dúvidas e notas, apenas um dos grupos escreveu a seguinte nota:

“Gostámos muito do jogo porque pudemos consolidar conhecimentos. Só não gostámos do facto de haver um factor de desvantagem: o pH estava incorrecto no Spinner”.

Foi verificado posteriormente o porquê deste comentário e, de facto, os valores possíveis no *Spinner* do pH vão de 0 a 7 enquanto que a maioria das enzimas do jogo têm pH óptimos acima deste valor. Provavelmente os autores do jogo ponderaram esta questão e escolheram estes valores de pH para funcionarem como um obstáculo à progressão no jogo mas sugere-se a alteração de pelo menos um dos valores do *Spinner* para um pH acima de 10, visto isto poder ser entendido pelos alunos como um erro do jogo.

Um dos alunos destacou o Jogo das Enzimas como a actividade que tinha gostado mais, de todas as realizadas ao longo do ano, na ficha de avaliação final de disciplina, realizada no final do ano lectivo.

A autora considera que o Jogo das Enzimas permite “passar da teoria à prática” uma vez que os alunos aprendem, de forma lúdica, as aplicações industriais de algumas enzimas, no dia-a-dia, e são confrontados com a necessidade de considerar os vários factores, que estudaram nas aulas, que afectam a produção comercial dessas enzimas como a temperatura, o pH e o substrato, e o seu uso subsequente em termos de condições óptimas e custos de produção. Os alunos gostaram desta actividade o que vai de encontro ao que é defendido por McSharry e Jones (2000) que a maioria das crianças e jovens, especialmente os mais novos, consideram as actividades de *Role-play* fáceis e das quais resulta uma grande satisfação.

4.3. Análise dos resultados na avaliação sumativa

No âmbito deste trabalho de investigação, procurou-se ainda avaliar o reflexo das actividades propostas na avaliação sumativa dos alunos.

Foi ponderada a utilização de um grupo-experimental e um grupo-controlo para comparação das aprendizagens de uns e outros, mas a inexistência de duas turmas do mesmo nível de ensino, com a disciplina de Biologia na escola, impossibilitou a adopção desta metodologia. Além disso, considerou-se que, comparar dois grupos provenientes de diferentes escolas, ainda que próximas, seria impossível controlar outras variáveis externas como sejam, os contextos escolares e sócio-afectivos dos alunos bem como os próprios professores, cujas características individuais e pedagógicas seriam necessariamente diferentes.

Neste sentido, realizaram-se quatro momentos formais de avaliação:

- uma ficha de avaliação diagnóstica (aplicada na semana anterior ao início das aulas teóricas);
- uma ficha de avaliação sumativa após 2 semanas de aulas teóricas sobre o tema (4 aulas);
- uma ficha de avaliação sumativa após a implementação do conjunto de actividades descritas no Capítulo III (o conjunto de actividades estendeu-se num período de 5 semanas);
- uma ficha de avaliação sumativa no final do ano lectivo, 2,5 semanas após o fim das actividades.

No Anexo 2 disponibilizam-se as fichas de avaliação implementadas.

Os resultados obtidos pelos alunos nas fichas de avaliação encontram-se resumidos na Tabela 12. No Anexo 3, disponibilizam-se mais dados sobre a avaliação individual da turma.

Tabela 12: Resultados da avaliação sumativa (n=16)

	Ficha de diagnóstico	Ficha sumativa 1	Ficha sumativa 2	Ficha sumativa 3
Nº questões sobre a temática das “Enzimas” em cada ficha	9	25	14	8
Total de questões não respondidas (na totalidade da turma) (%)	19	2	0,5	2
Avaliação (%) média \pm desvio padrão)	32 \pm 7,56	70 \pm 14,25	79 \pm 13,39	71 \pm 13,53
Valor mínimo (%)*	21	45	52	48
Valor máximo (%)*	47	97	96	93

* Os valores referem-se apenas ao conjunto das questões sobre enzimas em cada ficha

Da análise da Tabela 12 verifica-se que os alunos melhoraram consideravelmente os resultados, em relação à avaliação diagnóstica, apresentando médias acima de 70% e mantiveram os resultados obtidos até ao final do ano lectivo, relativamente à temática das enzimas. A média obtida na ficha sumativa 2, aplicada após a realização das actividades práticas, foi superior à média obtida na ficha sumativa I, passando de 70 \pm 14,25 para 79 \pm 13,39. Esta melhoria é ainda mais expressiva se considerarmos que o nível cognitivo das questões da ficha 2 e 3 visaram a relação de conhecimentos, a aplicação a novas situações e a interpretação de dados experimentais (ver anexo 2).

É ainda de notar que todos os alunos na ficha sumativa 2 tiveram resultados positivos, sendo que o valor mínimo obtido foi de 52%, e que a diferença de % de questões não respondidas entre as fichas diminuíram drasticamente na ficha sumativa 2, que foi aplicada após a realização das actividades práticas. É importante referir que o elevado número de questões não respondidas na ficha diagnóstico se deve, na opinião da autora, para além da notória falta de conhecimentos sobre a temática, ao facto de os alunos não

darem grande importância a este tipo de avaliação já que não tem peso efectivo na sua avaliação final de disciplina.

O facto de se voltar a avaliar os conhecimentos dos alunos sobre o tema no final do ano, foi uma tentativa de perceber se estes aprenderam os conteúdos e desenvolveram competências conceptuais mais sólidas, considerando que os conhecimentos não aprendidos se esquecem mais facilmente. A mestranda tem verificado que os alunos, de um modo geral, esquecem rapidamente os conteúdos programáticos já que os estudam pouco tempo antes dos momentos de avaliação formal e, por isso, não os aprendem verdadeiramente. Assim, foi feita uma análise aos resultados de todos os testes realizados por este grupo de alunos no biénio 2006/2008 para confirmar se isto se verificava (Tabela 13).

Tabela 13: Resultados da avaliação dos alunos da amostra, sobre várias temáticas, em dois momentos de avaliação, durante o biénio 2006/2008

Avaliação média (%) de várias temáticas no Biénio 2006/2008	1º Momento de avaliação	2º Momento de avaliação
A	74	47
B	57	41
C	71	60
D	70	51
E	73	36
F	71	69
G	78	40

A análise demonstrou que, de facto, quando avaliados um mês (ou mais) após o estudo de uma determinada matéria, os alunos apresentam quase sempre piores resultados do que num primeiro momento de avaliação.

Como se pode observar na Tabela 12, o mesmo não se verificou neste caso, o que pode indicar que os alunos aprenderam melhor os conceitos relacionados com a temática das enzimas.

Não se encontraram muitos estudos sobre as aprendizagens dos alunos do ensino secundário na temática das enzimas. Rissing e Cogan (2009) reportam um estudo realizado com alunos universitários em que compararam os resultados obtidos, através de um pré-teste e pós-teste, em dois grupos-amostra: um grupo de alunos que realizou uma actividade “tradicional” sobre a actividade da lisosima em bactérias (em que foi fornecido protocolo experimental) e um grupo de alunos que realizaram uma actividade sobre a mesma enzima, também orientada, mas sem ser fornecido protocolo experimental e dando mais espaço de decisão aos alunos em especial nas observações e discussão de resultados. Este segundo grupo-amostra, apresentou melhores resultados do que o primeiro grupo. Os resultados obtidos sustentam a ideia de que actividades mais abertas, do tipo “*inquiry-based*”, podem melhorar as aprendizagens dos alunos, nomeadamente no ensino de conceitos biológicos complexos como é o caso da actividade enzimática.

Ketpichainarong (2009) também conclui que os alunos do ensino secundário, que desenvolveram uma actividade sobre enzimas do tipo “*inquiry-based*”, tiveram melhores resultados (no pós-teste) do que os alunos que aprenderam de forma mais tradicional.

4.4. Análise dos resultados na auto-avaliação de competências no trabalho laboratorial

Considerando o que defende Leite (2000) e outros autores referidos anteriormente no Capítulo II (Secção 2.1.3), pretendeu-se perceber qual a percepção dos alunos sobre o impacto das actividades realizadas no desenvolvimento das suas competências de trabalho laboratorial. Para o efeito, elaborou-se uma ficha de auto-avaliação de competências no trabalho laboratorial (Adaptada de Barros *et al*, 2003) (ver Anexo 2), que se forneceu aos alunos antes e após a realização das actividades descritas no Capítulo III

(Secção 3.4.2). Na ficha de auto-avaliação foram colocadas várias questões relacionadas com as fases do trabalho laboratorial: a) capacidade de formulação de problemas e elaboração de previsões (Figura 13); b) realização de pesquisas diversas (Figura 14); c) construção e execução de procedimentos (Figura 15); d) recolha, análise e interpretação de dados (Figura 16); e) elaboração de relatório final em formato de V de Gowin (Figura 17); f) discussão do trabalho desenvolvido (Figura 18); g) atitude face ao trabalho prático em laboratório (Figura 19); h) auto-reflexão e auto-avaliação do trabalho desenvolvido (Figura 20). Foi usada uma Escala de Lickert com 5 itens: Nunca, Raramente, Algumas vezes, Frequentemente e Sempre.

Os gráficos mostram o número de vezes que cada item foi seleccionado pela totalidade dos alunos da turma e no conjunto das alíneas referentes a cada questão (ver Anexo 2). A primeira coluna (mais clara) em cada item corresponde às respostas dos alunos antes da realização das actividades e a segunda coluna (mais escura) corresponde às respostas dadas pelos alunos após as actividades práticas.

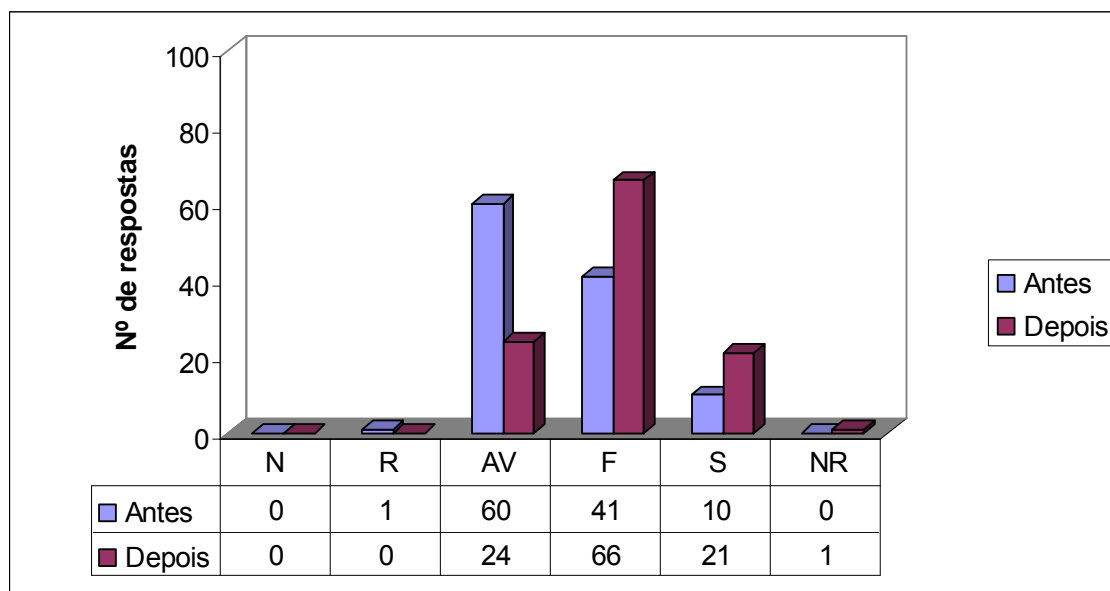


Figura 13: Somatório das respostas assinaladas pela totalidade dos alunos da turma à questão “Capacidade de formulação de problemas e elaboração de previsões” (N – Nunca; R – Raramente; AV – Algumas vezes; F – Frequentemente; S – Sempre; NR – Não responde)

Relativamente à questão sobre a “capacidade de formulação de problemas e elaboração de previsões” (Figura 13) verificou-se que a resposta mais assinalada antes da realização das actividades foi “Às vezes” e que após as actividades os alunos assinalaram preferencialmente a opção “Frequentemente”. A tendência de resposta foi mais diferenciável nas alíneas “construo os problemas sob a forma de questão” que passou de 15 “Algumas vezes” e 1 “Frequentemente” (antes) para 5 “Algumas vezes” e 11 “Frequentemente” (depois) e “apresento previsões como resposta ao problema” que passou de 13 “Algumas vezes” e 3 “Frequentemente” (antes) para 5 “Algumas vezes” e 11 “Frequentemente” (depois).

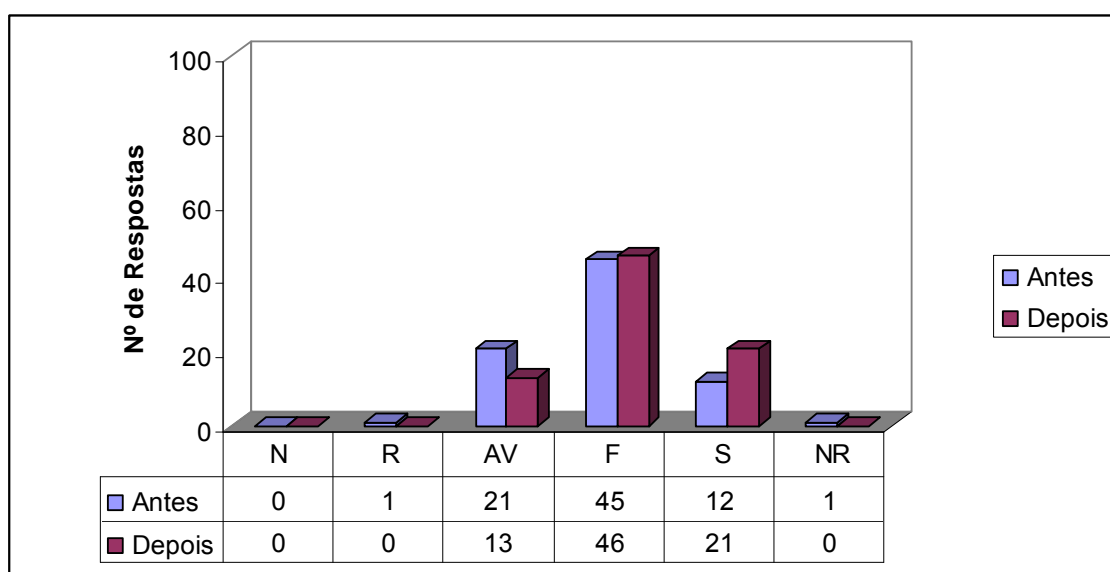


Figura 14: Somatório das respostas assinaladas pela totalidade dos alunos da turma à questão “Realização de pesquisas diversas” (N – Nunca; R – Raramente; AV – Algumas vezes; F – Frequentemente; S – Sempre; NR – Não responde)

Na questão relacionada com a realização de pesquisas (Figura 14) houve apenas uma ligeira melhoria, observada no aumento da escolha da opção “Sempre” após a realização das actividades. A opção mais assinalada, antes e após a realização das actividades foi “Frequentemente”. Estes resultados podem explicar-se, na opinião da autora, pelo facto de os alunos realizarem com mais frequência actividades de pesquisa e considerarem que já adquiriram anteriormente as competências relacionadas com este tipo de actividade. No entanto é interessante notar que a alínea em que se observou

uma melhoria assinalável foi “apresento oralmente o resultado da pesquisa efectuada de forma estruturada ao grupo turma”, com 8 “Algumas vezes”, 5 “Frequentemente” e 2 “Sempre” (antes) para 4 “Algumas vezes”, 7 “Frequentemente” e 5 “Sempre” (depois).

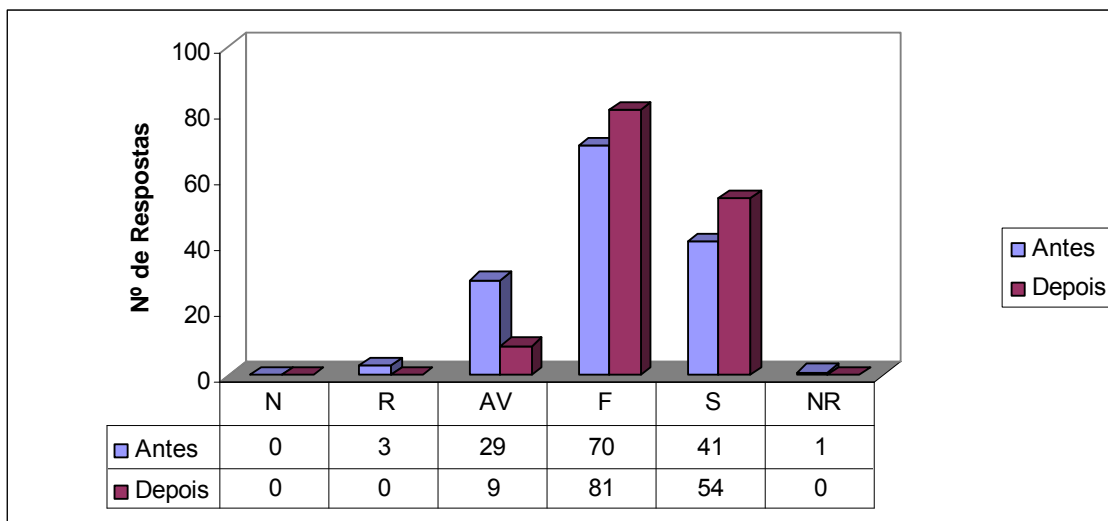


Figura 15: Somatório das respostas assinaladas pela totalidade dos alunos da turma à questão “Construção e execução de procedimentos” (N – Nunca; R – Raramente; AV – Algumas vezes; F – Frequentemente; S – Sempre; NR – Não responde)

No que diz respeito à questão sobre “construção e execução de procedimentos” (Figura 15) houve uma melhoria considerável, sendo os itens “Frequentemente” e “Sempre” os mais assinalados após a realização das actividades. Analisando as opções seleccionadas nas várias alíneas desta questão verificaram-se diferenças assinaláveis nas seguintes:

-“Defino percursos metodológicos consentâneos com as previsões efectuadas” com 1 “Raramente”, 12 “Às vezes”, 2 “Frequentemente” e 1 “Sempre” (antes) para 3 “Algumas vezes”, 13 “Frequentemente” (depois);

-“Organização eficaz dos registos a efectuar” com 2 “Às vezes”, 9 “Frequentemente”, 4 “Sempre” e 1 “Não responde” (antes) para 1 “Algumas vezes”, 8 “Frequentemente” e 7 “Sempre” (depois). Curiosamente nas alíneas que dizem respeito ao “correcto manuseamento do material” e “domínio de técnicas laboratoriais implícitas” as opções assinaladas são muito semelhantes

antes e depois das actividades, sendo o “Frequentemente” o item mais seleccionado.

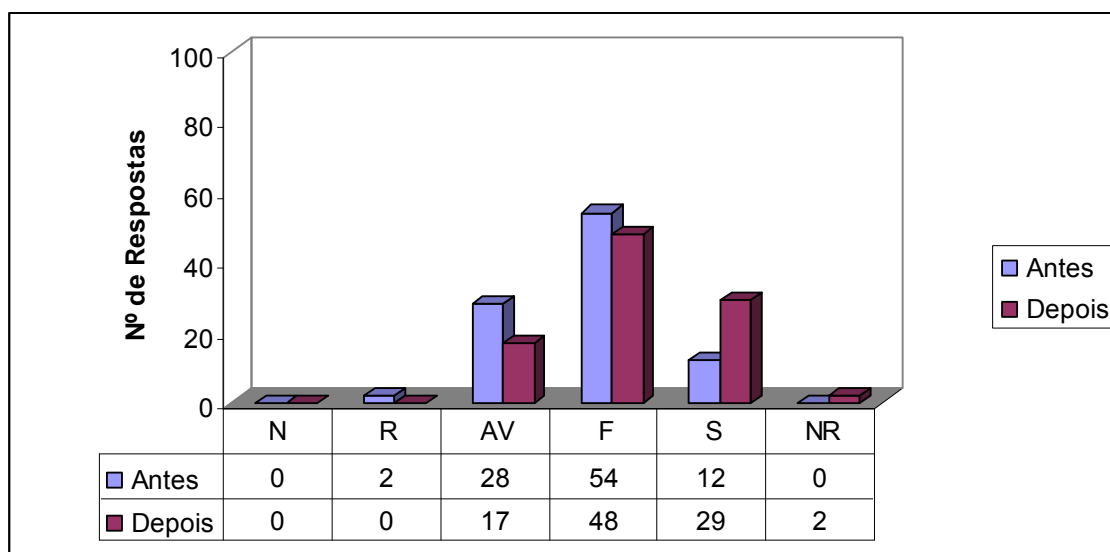


Figura 16: Somatório das respostas assinaladas pela totalidade dos alunos da turma à questão “Recolha, análise e interpretação de dados” (N – Nunca; R – Raramente; AV – Algumas vezes; F – Frequentemente; S – Sempre; NR – Não responde)

Na questão sobre “recolha, análise e interpretação de dados” (Figura 16) o item “Frequentemente” foi o mais assinalado quer antes quer depois da realização das actividades mas verifica-se um aumento considerável na escolha do item “Sempre” após as actividades. Uma análise mais pormenorizada nas respostas de cada alínea desta questão, mostra que as diferenças mais assinaláveis foram nas seguintes:

- “Faço uma apreciação crítica acerca dos dados obtidos” com 5 “Às vezes”, 10 “Frequentemente” e 1 “Sempre” (antes) para 2 “Algumas vezes”, 8 “Frequentemente” e 6 “Sempre” (depois);
- “Identifico novas questões/ situações problemáticas” com 2 “Raramente”, 7 “Às vezes” e 7 “Frequentemente” (antes) para 7 “Algumas vezes”, 8 “Frequentemente” e 1 “Sempre” (depois).

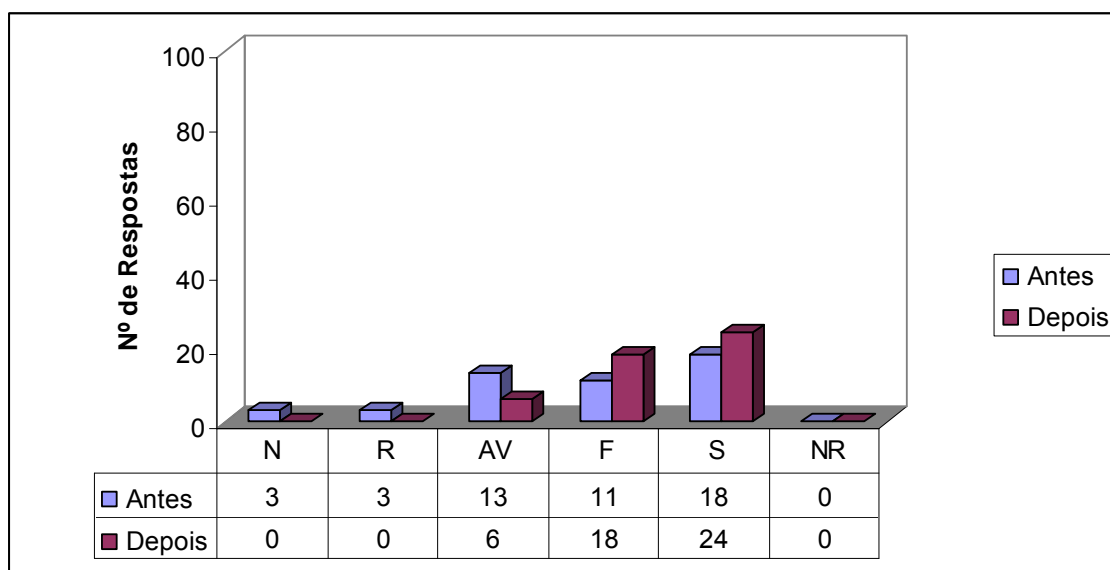


Figura 17: Somatório das respostas assinaladas pela totalidade dos alunos da turma à questão “Elaboração de relatório final em formato de V de Gowin” (N – Nunca; R – Raramente; AV – Algumas vezes; F – Frequentemente; S – Sempre; NR – Não responde)

Na questão sobre “elaboração de relatório final em formato de V de Gowin” (Figura 17) foi onde se verificaram maiores diferenças entre as respostas nos dois momentos de avaliação: O item “Sempre” assinalado antes das actividades foi referente na sua maioria à alínea “apresento o relatório no prazo previsto”. Em relação à alínea “organizo a informação recolhida fazendo-a corresponder aos sectores do V de Gowin simplificado” foi onde se verificou uma melhoria mais assinalável: 1 “Nunca”, 3 “Raramente”, 6 “Algumas vezes”, 3 “Frequentemente” e 3 “Sempre” (antes) para 4 “Algumas vezes”, 7 “Frequentemente” e 5 “Sempre” (depois).

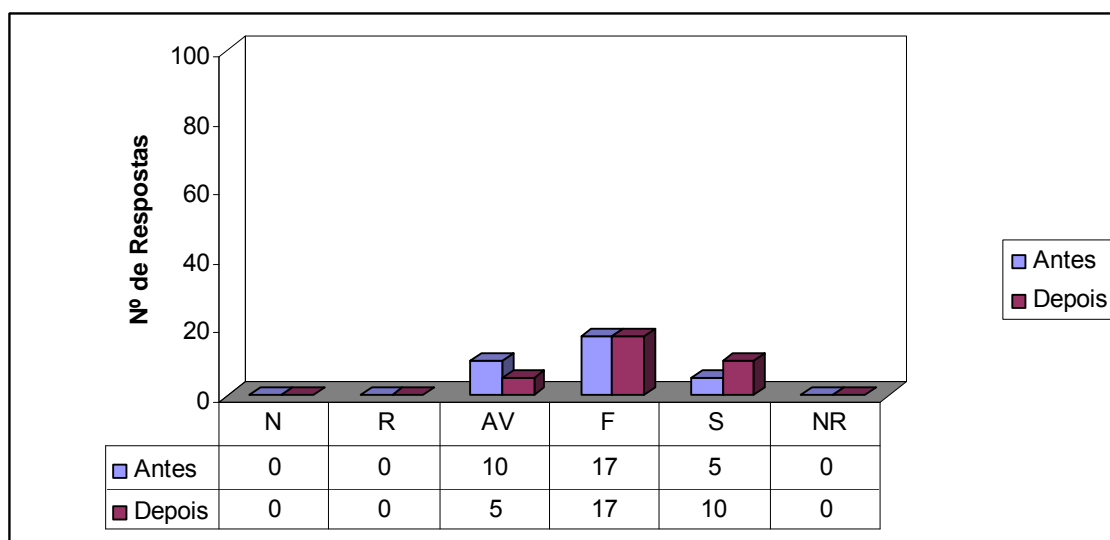


Figura 18: Somatório das respostas assinaladas pela totalidade dos alunos da turma à questão “Discussão do trabalho desenvolvido” (N – Nunca; R – Raramente; AV – Algumas vezes; F – Frequentemente; S – Sempre; NR – Não responde)

No que diz respeito à “discussão do trabalho desenvolvido” (Figura 18), o item “Frequentemente” foi assinalado de forma igual nos dois momentos de avaliação, sendo que a melhoria dos resultados se observa na escolha do item “Sempre” com maior frequência depois da realização das actividades.

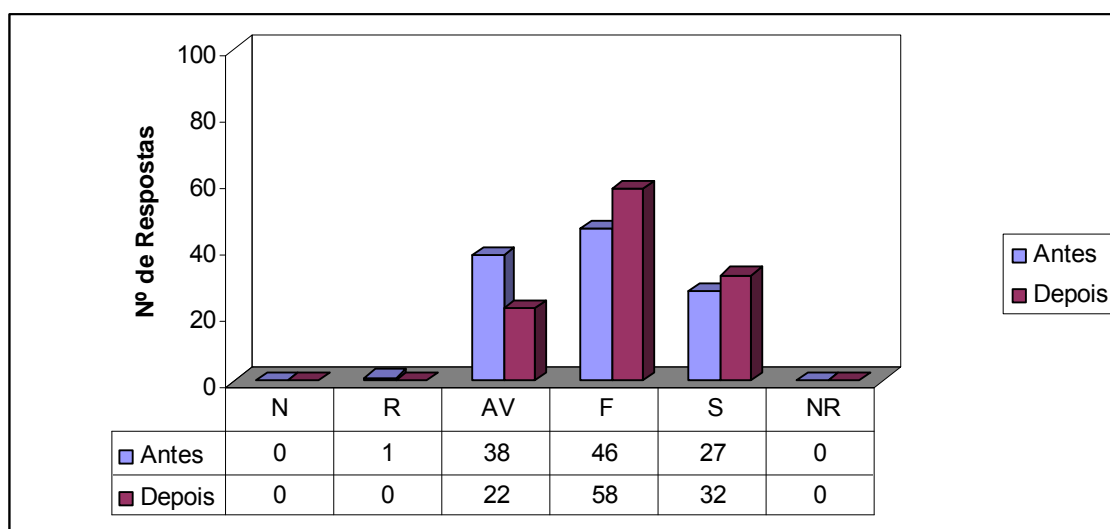


Figura 19: Somatório das respostas assinaladas pela totalidade dos alunos da turma à questão “Atitude face ao trabalho prático em laboratório” (N – Nunca; R

– Raramente; AV – Algumas vezes; F – Frequentemente; S – Sempre; NR – Não responde)

Na questão sobre “atitude face ao trabalho prático em laboratório” (Figura 19) o item “Algumas vezes” foi o mais assinalado antes da realização das actividades enquanto que “Frequentemente” foi o mais seleccionado depois. Uma análise mais pormenorizada às respostas dadas nas alíneas desta questão permitem concluir que as diferenças mais assinaláveis foram nas seguintes alíneas:

- “Apresento espontaneamente propostas de resolução do problema” com 12 “Algumas vezes” e 4 “Frequentemente” (antes) para 8 “Algumas vezes”, 7 “Frequentemente” e 1 “Sempre” (depois);
- “Demonstro iniciativa” com 4 “Às vezes”, 8 “Frequentemente” e 4 “Sempre” (antes) para 1 “Algumas vezes”, 9 “Frequentemente” e 6 “Sempre” (depois);
- “Supero dificuldades encontradas” com 4 “Algumas vezes”, 9 “Frequentemente”, 3 “Sempre” (antes) para 1 “Algumas vezes”, 12 “Frequentemente” e 3 “Sempre” (depois).

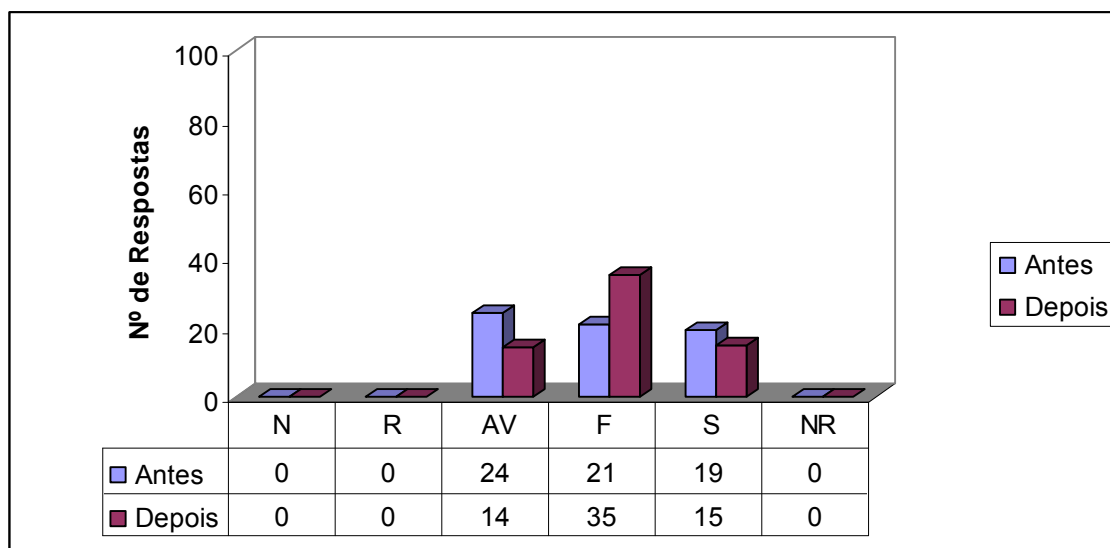


Figura 20: Somatório das respostas assinaladas pela totalidade dos alunos da turma à questão “Auto-reflexão e auto-avaliação do trabalho desenvolvido” (N – Nunca; R – Raramente; AV – Algumas vezes; F – Frequentemente; S – Sempre; NR – Não responde)

No que diz respeito à “auto-reflexão e auto-avaliação do trabalho desenvolvido” (Figura 20), os itens “Algumas vezes” e “Frequentemente” foram assinalados de forma semelhante antes da realização das actividades e o item “Frequentemente” foi o mais assinalado depois da realização das actividades.

Resumindo, os dados apresentados permitem afirmar que os alunos consideram que melhoraram as suas competências de trabalho laboratorial, em particular: a) na definição de questões-problema; b) na apresentação oral dos resultados da pesquisa ao grupo turma; c) na definição de percursos metodológicos adequados às previsões efectuadas; d) na organização eficaz dos registos; e) na apreciação crítica dos resultados; f) na identificação de novas questões; g) na construção de V de Gowin e h) na atitude face ao trabalho laboratorial, nomeadamente, no espírito de iniciativa e de superação de dificuldades.

Os resultados obtidos neste estudo vão ao encontro do que é apresentado por Rissing e Cogan (2009) relativamente à auto-avaliação dos alunos: a compreensão da informação e confiança na aplicação das técnicas apresentadas na actividade tipo “inquiry-based” foi superior relativamente aos resultados da auto-avaliação dos alunos que realizaram a actividade de forma mais “tradicional”.

Ketpichainarong (2009) também obteve dados semelhantes sobre a auto-avaliação feita pelos alunos envolvidos no estudo no qual 65% dos inquiridos referem ter tido oportunidade para planear, discutir e partilhar ideias com os colegas antes de realizarem a actividade experimental; mais de 70% referem o facto de terem trabalhado em parceria e cerca de 70% afirmaram ter gostado da actividade.

Capítulo V:

Conclusões e Sugestões

5.1. Conclusões do estudo

As conclusões deste trabalho apresentam-se sequenciadas de acordo com os objectivos de investigação, referidos no capítulo I, e de acordo com os resultados deste estudo. O primeiro objectivo de investigação, que pretendia avaliar a eficiência das quatro actividades desenvolvidas como ferramentas metodológicas na aquisição de conhecimentos, encontrou neste estudo, dados que nos permitem concluir que:

- As actividades descritas (actividade de pesquisa bibliográfica, actividade laboratorial, actividade de *Role-play* e Jogo das Enzimas) constituem uma proposta inovadora de ensino da temática das enzimas, já que é substancialmente diferente das propostas nos manuais escolares portugueses, e pode ser realizada em interdisciplinaridade com as disciplinas de Química (12ºano) ou Físico-Química (11º). Considera-se assim, que a abordagem proposta tem relevância curricular indo ao encontro de objectivos e conteúdos programáticos dos *curricula* de 12ºano;
- A actividade de pesquisa permitiu aos alunos descobrirem as bases do conhecimento biotecnológico, conhecer algumas descobertas importantes na área da biotecnologia e reconhecer a interdependência entre Ciência e Tecnologia, nas quais as enzimas são um instrumento importante;
- A actividade laboratorial, enriquecida com a utilização do V de Gowin, permitiu o desenvolvimento de algumas competências de trabalho laboratorial e colmatar dificuldades demonstradas pelos alunos em relacionar a teoria e a prática e na elaboração de relatórios;
- A actividade de *Role-play* contribuiu para o desenvolvimento de competências a vários níveis, conceptual, procedimental e atitudinal uma vez que permitiu: a) ilustrar conceitos, factos e princípios; b) desenvolver a capacidade de análise, síntese e interpretação de resultados; c) discutir ideias, reflectir e avaliar criticamente o trabalho desenvolvido; d) desenvolver capacidades de comunicação e de cooperação com os

outros; e) favorecer o desenvolvimento de atitudes como a confiança, o empenho, a autonomia e a responsabilidade face à prática laboratorial; f) tornar mais reais os fenómenos biológicos.

- Em termos cognitivos, os alunos obtiveram bons resultados na sua avaliação sumativa e mantiveram uma média acima de 70% nas fichas de avaliação que realizaram posteriormente, relativamente ao tema em estudo.

No que diz respeito ao segundo objectivo de investigação que pretendia avaliar a eficácia da introdução do Jogo/ *Role-play* como oportunidade educativa, os dados obtidos permitem concluir que:

- A actividade de *Role-play*, aplicada ao trabalho experimental e o Jogo das Enzimas, revelaram-se altamente motivadoras para os alunos. Esta conclusão é sustentada pelos seguintes dados: a) todos os alunos terem mostrado empenho no desenvolvimento das actividades; b) todos os alunos terem cumprido todas as tarefas solicitadas, nos prazos estabelecidos, o que é revelador de responsabilidade e interesse pelas actividades realizadas; c) a qualidade dos relatórios apresentados, revelando criatividade e grande adesão às situações de *Role-play* criadas; d) no interesse demonstrado durante o Jogo das Enzimas;

As conclusões referidas no ponto anterior são também indicadoras de que foi atingido o terceiro objectivo desta investigação, em que se pretendia aumentar a motivação dos alunos para a aprendizagem das Ciências e fomentar a responsabilidade e o sentimento de posse na condução das actividades. Além do referido anteriormente, a consecução este objectivo encontra sustentação no facto de os próprios alunos, na auto-avaliação realizada antes e após a implementação das actividades práticas, considerarem que melhoraram as suas competências de trabalho laboratorial, em particular: a) na definição de questões-problema; b) na apresentação oral dos resultados da pesquisa ao grupo turma; c) na definição de percursos metodológicos adequados às previsões efectuadas; d) na organização eficaz dos registos; e) na apreciação crítica dos resultados; f) na identificação de novas questões; g) na construção de V de Gowin e na atitude face ao trabalho

laboratorial, nomeadamente, no espírito de iniciativa e de superação de dificuldades.

Ao longo de vários anos de Ensino, a experiência adquirida permite afirmar que os trabalhos práticos, em geral, e os apresentados neste estudo, em particular, quando desenvolvidos numa perspectiva inovadora, revelam-se enriquecedores por permitirem desenvolver vários domínios ao nível conceptual, procedimental e atitudinal.

Em termos gerais, este estudo revelou-se uma experiência muito enriquecedora, pessoal e profissionalmente, e proporcionou momentos agradáveis de aprendizagem, partilha e troca de experiências.

Embora o balanço final seja muito positivo, o reduzido número de alunos envolvidos condicionam quaisquer generalizações que dele se possam fazer. Neste sentido, em estudos futuros, recomenda-se uma maior representatividade numérica da amostra.

5.2. Sugestões para futuras investigações

Decorrente do exposto, sugerem-se algumas ideias para futuras investigações:

- O desenvolvimento de estudos que permitam detectar e identificar concepções alternativas sobre enzimas, dos alunos portugueses, no Ensino Básico e Secundário;
- Outros estudos, no nosso ponto de vista importantes e ainda praticamente inexistentes, em Portugal, são as investigações relacionadas com a avaliação das actividades de *Role-play* (e.g. simulações, jogos de tabuleiro) em termos quantitativos e qual o impacto destas actividades, em termos cognitivos, nas aprendizagens dos alunos.

Para tornar o sonho da “aula de ciências do futuro” uma realidade há ainda um longo caminho a percorrer mas há que acreditar que estamos cada vez mais próximos.

Referências Bibliográficas:

Abrahams, I. e Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14): 1945 – 1969

Abrantes, P. (2002). A avaliação das aprendizagens no ensino básico. In Departamento da Educação Básica (Ed.), *Reorganização Curricular do Ensino Básico. Avaliação das aprendizagens: das concepções às práticas* (pp 9-15). Lisboa: Ministério da Educação

Alkin, M.C. e Christie, C.A. (2002). The use of Role-play in Teaching Evaluation. *American Journal of Evaluation*, 23(2): 209–218

Antunes, C., Bispo, M., Guindeira, P. (2008). *Novo Descobrir a Terra 9*. Areal Editores. Porto

APBio (2007). *Directório Português de Biotecnologia 2006*. Associação Portuguesa de Bioindústrias. 2007. Disponível em www.apbio.pt/ (última visualização em 31 de Março de 2007)

Baden-Powell, R. (1977), *Escutismo para Rapazes*. Lisboa, Corpo Nacional de Escutas, 5ª Edição revista, 1ª edição de 1908

Baeck, A. e Kasturi, C. (1996). *Detergent compositions containing Specific Lipolytic Enzymes*. CA2205413A1. 30 de Maio de 1996.

Barros, A.C. e Delgado, F. (2008). *Planeta Terra – 9ºano*. Santillana-Constância. Carnaxide

Barros, D., Brito, C., Machado, I., Pinheiro, E, e Ramos, C. (2003). *Démarche de Referenciação – Avaliação de Manifestações de Competências Aplicadas ao Trabalho Laboratorial numa Perspectiva de Resolução de Problemas*. Universidade do Minho

Bensaude-Vincent, B. e Stengers, I. (1992). *História da Química*. Instituto Piaget. Lisboa

Biotech-Zone – O Portal de Biotecnologia de Portugal. Disponível em www.biotech-zone.net (última visualização em 01 de Junho de 2010)

Blaird, B. (1995). A aula de ciências do ensino secundário do futuro. Disponível em <http://www.dgidc.min-edu.pt/secundario/Documents/AulaCienciasFuturo.pdf> (última visualização em 21 de Junho de 2010)

Buchholz, K., Kasche, V., Bornscheuer, U.T. (2005). *Biocatalysts and enzyme technology*. Wiley-VCH, Weinheim

Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. In: Alexandre, M.P.G. et al. *Enseñar Ciencias*. Editora Grao. Barcelona. pp 95 – 118

Cachapuz, A., Praia, J., Jorge, M. (2000). Perspectivas de Ensino das Ciências. In: Cachapuz, A. (org.). *Perspectivas de Ensino – Formação de Professores – Ciências – Textos de apoio nº1*. Centro de Estudos de Educação em Ciências. Porto

Cachapuz, A., Praia, J., Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Ministério da Educação. Lisboa

Campos, C. e Delgado, Z. (2008). *9CN – Ciências Naturais 9ºano*. Texto Editores. Lisboa

Carmo, H. e Ferreira, M.M. (1998). *Metodologia da investigação: Guia para a auto-aprendizagem*. Universidade Aberta, Lisboa

Chan, W. (1996). *Multi porpose cleaning agent*. US5712238A. 27 Janeiro de 1998

Chang A., Scheer M., Grote A., Schomburg I., Schomburg D.(2009). BRENDA, AMENDA and FRENDA the enzyme information system: new content and tools in 2009. *Nucleic Acids Res.* 2009, Vol. 37, Database issue, D588-D592

CNE (2009). *Programa Educativo do Corpo Nacional de Escutas*. CNE. Lisboa
Dantas, M.C. e Ramalho, M.D. (2009). *Jogo de Partículas*. Química 12ºano. Texto Editora. Lisboa

De Pro Bueno, A. (2000). Actividades de laboratorio y enseñanza de contenidos procedimentales. In Sequeira, M. et al. (Org.). *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências* (pp. 109-124). Braga: Universidade do Minho

DEB. (2001a). Competências específicas – Ciências Físicas e Naturais. In Ministério da Educação (Ed.). *Currículo Nacional do Ensino Básico - Competências Essenciais*. Lisboa

DEB. (2001b). Ciências Físicas e Naturais - Orientações Curriculares para o 3º ciclo do Ensino Básico. Lisboa: Ministério da Educação

DES (2003a). Documento Orientador da Revisão Curricular do Ensino Secundário (na versão definitiva de 10 de Abril de 2003). Lisboa: Ministério da Educação

DES (2004). Programa de Química – 12ºano. Lisboa: Ministério da Educação

DES. (2001). Programa de Biologia e Geologia – 10º ano. Lisboa: Ministério da Educação

DES. (2002). Programa de Biologia Humana – 10º ano. Lisboa: Ministério da Educação

DES. (2004a). Programa de Biologia – 12º ano. Lisboa: Ministério da Educação

Deus, H.M. e Albuquerque, F. (2008). *Geovida – Viver melhor na Terra*. Lisboa Editora. Lisboa

Deutch, C. (2007). Degradative Enzymes from the Pharmacy or Health Food Store: Interesting Examples for Introductory Biology Laboratories. *The American Biology Teacher*, online publication: 64- 70

Doran, R. L., Tamir, P. & Chan, A. (1995). *Assessment in Science*. Arlington, VA: National Science Teachers Association. pp. 17-18.

EBSB (2006). *Regulamento Interno da Escola Básica e Secundária de Bombarral*

EIBE (1999). *Biotechnology: Past and Present*. EIBE Unit 17. Disponível em www.eibe.info/ (última visualização em 25 de Abril de 2010)

EIBE (2000). *The Enzyme Game*. EIBE Unit 5. Disponível em www.eibe.info/ (última visualização em 25 de Abril de 2010)

ENEC (2007). Workshop sobre “Produção de queijo fresco utilizando o Cardo” realizado no âmbito do XI ENEC – Encontro Nacional de Educação em Ciência - em Vila Real, no dia 28 de Setembro de 2007

Faria, I.H. (1995). "Conhecer o que se sabe e saber o que se conhece", *in APP, Português, a língua dos nossos projectos*, Actas do I Encontro de Professores de Português

Fernandes, P., Aires-Barros, M. e Cabral, J. (2003). Biotecnologia dos Alimentos. *In* Lima, N. e Mota, M. (Eds.). *Biotecnologia – Fundamentos e Aplicações*. LIDEL. Lisboa. pp 219-246

Firmino, M. N. (2007). *Biotecnologia – Estudo exploratório das Percepções e Atitudes de Professores e Alunos* Dissertação apresentada à Universidade do

Porto para obtenção do Grau de Mestre em Biologia. Universidade do Porto. Porto

Franco, N., Franco, E., Borges, M. (2008). *BIOS - Viver melhor na Terra*. Edições ASA. Porto

Galvão, C., Reis, P., Freire, A., Oliveira, T. (2006). *Avaliação de competências em Ciências – Sugestões para professores dos ensinos Básico e Secundário*. Edições ASA. Porto

Gil, V., Paiva, J., Ferreira, A.J., Vale, J. (2009). *12Q*. Texto Editores. Lisboa

Godfrey, T. e West, S. (1996). *Industrial Enzymology*. 2ªEd., MacMillan Press, London

Gonçalves, F., Pereira, R., Azeiteiro, U.M.M, Pereira, M. (2007). *Actividades práticas em ciência e educação ambiental*. Instituto Piaget. Lisboa

Harms, U.(2002). Biotechnology Education in Schools. *Electronic Journal of Biotechnology*, 5(3): 205 – 211 (Disponível on line em <http://www.ejbiotechnology.info/content/vol5/issue3/teaching/01>)

Hodson, D. (2000). The place of practical work in Science Education. *In* Sequeira, M. *et al.* (Org.).Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências (29-42). Braga: Universidade do Minho

Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670

Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing Students' Ability to Ask More and Better Questions Resulting form Inquiry-Type Chemistry Laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791-806

Jorge, F. (2007). *A emergência dos trabalhos práticos de Genética no ensino das Ciências no Secundário*. Dissertação apresentada à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para obtenção do Grau de Mestre em Biologia e Geologia para o Ensino. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real

Ketpichainarong, W. (2009). *Enhancing Student Conceptualization of Enzyme Activity using a Cellulose Digesting Enzyme: an Inquiry-based Approach*. A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of doctor of Philosophy (Science and Technology Education) in Mahidol University. Mahidol.

Kind, M. (1999). TIMSS Performance Assessment – a cross national comparison of practical work. In J. Leach e A. Paulsen (Eds.), *Practical Work in Science Education – Recent Research Studies*, 75-95. Denmark: Roskilde University Press

Kirschner, P., Sweller, J. e Clark, R. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86

Leite, L. (2000). As actividades laboratoriais e a avaliação das aprendizagens dos alunos. In Sequeira, M. et al. (Org.). *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências* (pp. 91-108). Braga: Universidade do Minho

Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. In Departamento do Ensino Secundário (Ed.). *Cadernos didácticos de Ciências* (pp 777-796). Lisboa: Ministério da Educação

Leite, L. (2002). *A inter-relação dados-evidências-conclusões: Um estudo com actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares*. In Actas do II

Congresso Internacional “Didáctica de las Ciéncias” (Cd-Rom). La Habana:
Ministério de Educación

Leite, L. (2005). *Evaluating Students’ Learning form Laboratory Investigations*. Paper presented at the Proceedings of the 12th ISATT International Conference (CD-Rom), Sydney, Australian Catholic University

Leite, L. e Esteves, E. (2005). Análise crítica de actividades laboratoriais: um estudo envolvendo estudantes de graduação. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 1-19

Leite, L. e Figueiroa, A. (2004). Las actividades de laboratorio y la aplicación científica en los manuales escolares de ciencias. *ALAMBIQUE Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39, 20-30

Macedo, A, Venâncio, A., Malcata, F. (2003). Biotecnologia dos Alimentos. In Lima, N. e Mota, M. (Eds.). *Biotecnologia – Fundamentos e Aplicações*. LIDEL. Lisboa. pp 429 – 472

Marini, I. (2005) Discovering na Acessible Enzyme: Salivare α -Amilase – Prima Digestio fit in ore: A didactic approach for high school students. *Biochemistry and molecular biology education* (2005), 33(2): 112 – 116. (Disponível em <http://www.bambed.org> (última visualização em 19 de Novembro de 2009)

Marques, S.A.M.M.Q. (2007). *As ciéncias na Educação Ambiental: contextos de comunicação*. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do Grau de Mestre em Comunicação e Educação em Ciência. Universidade de Aveiro. Aveiro

Matias, O. e Matias, P. (2009). *Biologia 12* (Parte 2). Areal Editores. Porto

McBroom, R. e Oliver-Hoyo, T. (2007). Food Enzymes. *The Science Teacher*, Outubro 2007: 58-63

McLaughlin, J. e Glasson, G. (2003). Connecting Biotechnology & Society. *The Science Teacher*. Abril 2003: 48 – 52

McSharry, G. e Jones, S. (2000). Role-play in science teaching and learning. *School Science Review*, 82 (298): 73-82

Miguéns, M. & Garrett, R. (1991). Prácticas en la enseñanza de las ciencias. Problemas y Posibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 229-236

Millar, R. (1989). Bending the Evidence: The Relationship between Theory and Experiment in Science Education. In R. Millar (Ed.), *Doing Science: Images of Science in Science Education* (p.38-61). Great Britain: The Falmer Press

Millar, R. (2004). *The role of practical work in the teaching and learning of science*. Paper presented at the meeting of High School Science Laboratories: Role and Vision, Washington, National Academy of Sciences

Millar, R., Tiberghien, A., e Le Maréchal, J. (2002). Varieties of Labwork: a way of Profiling Labwork Tasks. In D. Psillos & H. Niedderer (Eds.). (2002), *Teaching and learning in the Science Laboratories* (pp. 9-20). Netherlands: Kluwer Academic Publishers

Mintzes, J., Wandersee, J., e Novak, J. (2001). Assessing understanding in biology. *Journal of Biological education*, 35(3), 118-124

Motta, L. e Viana, M.A. (2008) *Bioterra 9 – Viver melhor na Terra*. Porto Editora. Porto

NCCA (2006). Júnior Certificate Science – Draft Guidelines for teachers. Disponível em http://www.ncca.ie/en/Curriculum_and_Assessment/Post-Primary_Education/Junior_Cycle/ (última visualização em 21 de Junho de 2010)

NCCA (2010). Key skills Framework – S nior Cycle. National Council for Curriculum and Assessment of Ireland. Disponível em http://www.ncca.ie/en/Curriculum_and_Assessment/Post-Primary_Education/Senior_Cycle/ ( ltima visualização em 21 de Junho de 2010)

Novak, J., Gowin, D. e Johansen, G. (1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping with Junior High School science students. *Science Education*, 67: 625 – 645

Novozymes (2009). The Novozymes – Report 2009. Novozymes A/C. Kirsten Laugesen, Corporate Communications. Disponível em www.novozymes.com ( ltima visualização em 22 de Abril de 2010)

NSTA (1996). *Scope, Sequence & Coordination – A Nacional Curriculum Development and Evaluation Project for High School Science Education*. Wester NSTA Office. Nevada

OECD (2005). The definition and Selection of Key Competencies – Executive summary. Disponível em www.deseco.admin.ch ( ltima visualização em 21 de Junho de 2010)

Pinto-Ferreira, C., Serrão, A., Padinha, L. (2007). PISA 2006 – Competências Científicas dos alunos portugueses. GAVE. Ministério da Educação. Disponível em www.gave.min-edu.pt ( ltima visualização em 25 de Maio de 2010)

PISA (2006). Competências científicas dos alunos portugueses. Ministério da Educação. Disponível em www.gave.min-edu.pt ( ltima visualização em 24 de Abril de 2010)

Ribeiro, E., Silva, J.C., Oliveira, O. (2006). *Biodesafios* (volume 2). Edições ASA. Porto

Rissing, S, e Cogan, J. (2009). Can an Inquiry Approach Improve College Student Learning in a Teaching Laboratory? *CBE – Life Sciences Education*, 8: 55-61

Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis Educación

Shmaefsky, B. (2005). A Fruity Biochemistry Demonstration. *Journal of College Science Teaching*, Maio/Junho: 64 – 65

Silva, A., Santos, M.E., Mesquita, A. F., Baldaia, L., Félix, M. (2009). *Terra, Universo de Vida*. Porto Editora. Porto

Silva, A.D., Santos, M.E., Gramaxo, F., Mesquita, A. F., Baldaia, L., Félix, J.M. (2008). *Planeta Vivo*. Porto Editora. Porto

Simões, T. S., Queirós, M. A. e Simões, M.O. (2009). *Química em contexto – 12ºano*. Porto Editora. Porto

Soares, R., Serra, L., Almeida, C. (2004). *Biologia Humana 10*. Porto Editora. Porto

SPBT (2010). Sociedade Portuguesa de Biotecnologia. Disponível em www.spbt.pt (última visualização em 20 de Junho de 2010)

SPECIAL EUROBAROMETER 340 (Junho 2010). *Science and Technology*. European Coordination Office. 158 pp. Disponível em http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_340_en.pdf (última visualização em 21 de Junho de 2010)

Spencer-Martins, I. e Sá-Nogueira, I. (2003) Biotecnologia dos Alimentos. In Lima, N. e Mota, M. (Eds.). *Biotecnologia – Fundamentos e Aplicações*. LIDEL. Lisboa. pp 250-265

Tamir, P. (1990). Evaluation of Student Laboratory Work and its Role in Developing Policy. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The Student Laboratory and the Science Curriculum* (pp. 242-266). London: Routledge

Valadares, J., e Graça, M. (1998). *Avaliando para melhorar a aprendizagem*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas

Vieira, C.M.M.V. (2006). *A avaliação das aprendizagens no contexto das actividades laboratoriais: Influências de uma acção de formação nas concepções de professores de Biologia e Geologia*. Dissertação apresentada à Universidade do Minho para obtenção do Grau de Mestre em Educação, Área de Especialização em Supervisão Pedagógica em Ensino das Ciências. Universidade do Minho.

Xiaoyu, X. (2005). *Method for preparing compound juice contg. Apricot juice, pumpkin juice and carrot juice*. CN1692833AF. Novembro 2005.

Weil, J. (2000). *Bioquímica Geral* 2ªEd. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa

Wellington, J. (2000). Re-thinking the role of practical work in Science Education. In Sequeira, M. et al. (Org.). *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências* (pp. 75-89). Braga: Universidade do Minho

Willard, T e Lighthale, H. (1962). *Procédé de raffinage de L´Amyloglucosidase*. BE 612470^a1. Julho 1962.

Woolnough, B. (2000). Appropriate Practical Work for School Science – Making It Practical and Making It Science. In J. Minstrell & E. van Zele (Eds.). *Inquiring into Inquiry learning in Teaching in Science*. (pp. 434-446). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science

ANEXOS

ANEXO 1:

Materiais Didácticos

	Página
Actividade de pesquisa bibliográfica	V
Actividade laboratorial: Enzimas – processos tradicionais	XV
Actividade de “ <i>Role-Play</i> ”: Papel das enzimas em alimentos do dia-a-dia	XIX
Jogo das enzimas	XXVII

Actividade de pesquisa bibliográfica:
“Biotecnologia: passado, presente e futuro...”



Marcos na história da Biotecnologia

Biotecnologia: passado, presente e futuro...

Cronologia de alguns marcos importantes na história da Biotecnologia, mostrando acontecimentos importantes da ciência e tecnologia e os progressos biotecnológicos desenvolvidos a partir deles nas áreas de medicina, alimentação, agricultura, ambiente, energia e reciclagem.

Data	Alguns desenvolvimentos importantes na ciência e tecnologia	Alguns desenvolvimentos importantes na biotecnologia
15000A.C.		Fermentação simples para produção de bebidas
9000 A.C.		Fermentação alcoólica, fabrico de pão, queijo e iogurte
6000 A.C.		Fabrico da cerveja pelo povo Sumério
4000 A.C.		Os Egípcios usam leveduras no fabrico do pão e bolores para produzir queijo; Os Chineses usam o bolor do grão de soja para tratar infecções da pele
2000 A.C. – 600D.C.		Cultivo de uvas para produzir vinho; Melhoramentos nas culturas
1000 A.C.		Os Babilónios polinizam plantas seleccionadas
400 A.C.	Hippocrates funda uma escola de medicina racional na Grécia	
320 A.C.	Aristóteles cria teorias sobre a natureza, reprodução e hereditariedade	
100		Os Chineses usam pó de crisântemo como insecticida
1100		Destilação do álcool
1300	Moinhos de água são introduzidos na Europa	
1521		Aztecas no México colhem algas de lagos para a alimentação
1590	Janssen inventa o microscópio	
1650	Redi rejeita a geração espontânea	Cultivo de cogumelos em França
1663	Robert Hooke usa o termo “célula”	
1670		Produção comercial de cerveja; Extracção de metais usando microorganismos
1680	Van Leeuwenhoek observa micróbios ao microscópio	
1727		Fundação da Villmorin – Andrieux , empresa de produção de semente, em França
1752	Invenção da máquina a vapor	

1798		Jenner inicia o projecto de vacinação contra a varíola
1818	Descoberta do processo de fermentação das leveduras	
1833	Identificação da primeira enzima: diastase por Payen e Persoz	
1839	Schleiden e Schwann formulam a teoria celular	
1848		Plano de Saúde Pública (Reino Unido)
1850		Fundação da companhia Liebig
1855	Descoberta do <i>Bacillus coli</i> (<i>Escherichia coli</i>) por Escherich que mais tarde vem a ser uma das ferramentas principais de pesquisa, desenvolvimento e produção para a Biotecnologia	
1857	Louis Pasteur demonstra que as fermentações são realizadas por microorganismos, não existindo geração espontânea	
1859	Darwin e Wallace postulam a Teoria da Evolução	
1863	Pasteur inventa a pasteurização	
1865	Mendel formula as leis da Hereditariedade	
1868		Erradicação da cólera no Reino Unido
1869	Johann Miescher descobre a composição química do ácido nucleico – o ADN (Ácido Desoxirribonucleico)	
1876	Koch postula a Teoria das doenças provocadas por germes e descobre o <i>anthrax bacillus</i> causador do carbúnculo; Pasteur reconhece o princípio da antibiose	Observação de microorganismos na fermentação da cerveja
1881		Início da produção microbiológica “consciente” de ácido láctico
1883	Weissmann postula que os cromossomas são os portadores das características hereditárias	
1886	Koch isola a bactéria da cólera	
1890		Primeira utilização do álcool como combustível
1897	Buchner demonstra a fermentação acelular, i.e. enzimas	
1902	Ehrlich e Hata desenvolvem “Salvarsan” para curar a sífilis	
1910		Sistemas de purificação de esgotos baseados na actividade microbiana (Reino Unido)

1910-1920	Morgan inicia os trabalhos em genética da <i>Drosophila</i> ; os genes estão localizados nos cromossomas	
1912	Bragg (pai e filho) desenvolvem a cristalografia de raios-X, técnica para determinação da estrutura tridimensional das proteínas	
1912-1914		Röhm regista a patente de um preparado enzimático para a lavagem; Produção de acetona e butanol por microorganismos (processo Weizmann)
1916		Uso da imobilização enzimática
1918		Fundação da Universidade Agrícola em Wageningen (Holanda); faz-se, pela primeira vez, uma aproximação científica à agricultura; Guorui estabelece uma empresa de venda de digestores para produzir metano (China e Índia)
1921-1922	Banting, Best e MacLeod descobrem a insulina	
1928	Fleming descobre a penicilina, primeiro antibiótico	
1936		É produzido ácido cítrico por fermentação
1938		Florey e Chain iniciam trabalhos com penicilina, que mais tarde será produzida em grande escala
1940		Isolamento da cortisona; Crescimento de levedura em bisulfito líquido para alimentação humana (Alemanha): 15000 t/ano até final da 2ªGuerra Mundial
1941	Teoria “Um gene, uma enzima” por Beadle e Tatum ; Descoberta da estreptomicina por Waksman	Cultivo de microorganismos em hidrocarbonetos sintetizados a partir do carvão (Alemanha); Demonstração das propriedades terapêuticas da penicilina por Florey e Chain
1944	Avery, McLeod e McCarty demonstram que o ADN é o material genético	Inicia-se a produção industrial de insulina nos EUA; Produção secreta de penicilina (“Bacinal”) in Delft (Holanda) pela Gist-Brocades
1945	Cultura de células animais em laboratório	Produção de leveduras em produtos da cana-de-açúcar na Jamaica
1950		Aumento do interesse no metano produzido por digestores (Índia e China); Produção industrial de novos antibióticos, pe estreptomicina,

		cefalosporina
1953	Watson e Crick postulam a estrutura em hélice dupla para o ADN	Amilase de origem fúngica é usada para produzir tipos específicos de xaropes que não podiam ser produzidos por hidrólise ácida convencional
1955	Determinada a primeira estrutura primária de uma proteína: insulina	Hoerberger conclui que o conhecimento actual é insuficiente para manter a esperança de um processo comercialmente viável de desenvolver microorganismos em óleo; Na maioria dos países civilizados são já produzidos antibióticos
1956	Descoberta da DNA polimerase I por Kornberg ; Descoberta do tRNA	Pasveer desenvolve um sistema de oxigenação das águas residuais usando processos biológicos
1957	Descoberta dos interferões por Isaacs e Lindeman	Começa a desenvolver-se, em França, microorganismos em óleo, em colaboração com a BP
1960	Descoberta do mRNA	Investigadores da empresa biotecnológica Du Pont identificam extractos activos de uma bactéria que são responsáveis pela sua capacidade de fixar o azoto; Aumento da produção comercial de produtos da fermentação, pe. Ácido láctico, ácido cítrico, acetona, butanol
1961	Nirenberg descobre o código genético	Inicia-se no Lord Rank Research Centre (Reino Unido) um projecto para produzir microorganismos para alimentação humana (<i>Quorn</i> , uma micoproteína); É desenvolvida uma protease alcalina para detergentes em pó pela Novo (Dinamarca)
1962	Jacob e Monod postulam o modelo do operão	A BP constrói uma fábrica em Lavéra (França) para desenvolver microorganismos em óleo (<i>Toprina</i>); Extracção de urânio com o auxílio de microorganismos
1964	Nirenberg e Ochoa estabelecem o código genético (correspondência entre tripletos, codões e aminoácidos)	Utilização da amiloglucosidase para conversão do amido em glicose; ICI, Shell e Hoechst planeiam a produção comercial de “single cell protein” (SCP)
1967	É determinada a estrutura tridimensional da lisozima	
1968	Isolamento de um gene através da técnica de hibridação	Chibata imobiliza a <i>L-amino acilase</i> para produção industrial de aminoácidos
1969	Produz-se a primeira enzima artificial	
1970	São identificadas as enzimas de restrição por Arber, Smith e Nathan	Verificam-se reacções alérgicas aos detergentes biológicos, suspeitando-se

	Descoberta da enzima transcriptase reversa por Temin, Mitzutani e Baltimore	que sejam causadas pelas suas enzimas, o que conduz a uma quebra na utilização destes detergentes
1972-1973	Cohen, Chang e Boyer realizam as primeiras experiências com DNA recombinante, usando genes bacterianos	Produção industrial de variadas enzimas para detergentes
1973	Utilização de hibridomas para produção de anticorpos monoclonais	Programa de produção de etanol por fermentação para gasohol no Brasil; Novo (Dinamarca) desenvolve uma amilase estável ao calor
1974	Berg propõe uma moratória para a biotecnologia	Introdução de preparações enzimáticas livres de poeiras em detergentes; Começa o aumento dos preços mundiais do petróleo
1975	A Conferência Asilomar pede uma moratória para os trabalhos de Engenharia Genética; Desenvolvem-se técnicas de hibridação e Southern blotting para detectar sequências específicas de DNA, possibilitando o isolamento de genes	Produção enzimática de xarope de milho com alto teor de glicose como edulcorante alternativo à sacarose pela Novo (Dinamarca); Produção de anticorpos monoclonais (MCABs) produzidos por fusão celular por Köhler e Milstein ; Lançamento de “ <i>Microbial Resources Centres</i> ” (MIRCENS) pela UNESCO e NAÇÕES UNIDAS
1976		Fundada a <i>Genentech</i> nos EUA
1977	Isolamento do DNA complementar da insulina, a hormona de crescimento de rato (GH) e a gonadotropina coriônica humana (HCG); Maxam, Gilbert e Sanger apresentam técnicas de sequenciação de genes	
1978	Apresentação de mutagénese induzida	Nasce no Reino Unido o primeiro “bebé-proveta”
1979	Clonagem e produção de insulina humana e da hormona de crescimento humana em <i>E.coli</i> por Goeddel e Genentech	
1980	Desenvolvem-se trabalhos de engenharia genética em células vegetais por Van Montagu ; Descoberta da técnica de polimerização em cadeia (PCR) por Mullis na Cetus, uma empresa americana	Inicia-se a construção de uma fábrica para produção de insulina humana através de técnicas de DNA recombinante
1981	Animal transgénico é obtido por Brinster e Palmiter	Os tribunais norte-americanos decretam que os OGM podem ser patenteados
1982		A insulina humana (<i>Humulina</i>) passa a ser o primeiro produto de engenharia genética, a ser aprovado para venda, pelos EUA
1983	É descrito o Síndrome da	É criado o Comité National d'Éthique em

	Imunodeficiência Adquirida (SIDA)	França; São usados anticorpos monoclonais em testes para a <i>Chlamydia</i>
1984	Realiza-se a sequenciação completa do vírus da Imunodeficiência humana (VIH) pela empresa norte-americana <i>Chiron</i>	
1985	Desenvolve-se a técnica de <i>DNA fingerprint</i> por Jeffreys	
1986		A primeira vacina humana realizada com recurso à Engenharia Genética é aprovada para prevenção da hepatite B; Inicia-se a venda de hormona de crescimento humana produzida por Engenharia Genética
1987	Inicia-se o HUGO, Projecto de sequenciação do Genoma Humano	Plantas do tabaco modificadas geneticamente
1988		Rato transgénico é patenteado nos EUA; É isolado o gene da Distrofia muscular de Duchenne
1989		Uso de terapia génica para tratamento de doenças genéticas é postulado; É isolado o gene da fibrose cística
1990		É realizado o primeiro tratamento de terapia genica numa criança com uma deficiência grave do sistema imunológico; Nasce a primeira ovelha transgénica Tracey
1994		Tomate e soja transgénicos são aprovados para cultivo e venda nos EUA
1995	Completa-se o genoma da primeira bactéria (<i>Hemophilus influenzae</i>)	

Actividades:

1. Faça uma lista das diferentes áreas da biotecnologia (pe. Agricultura, medicina,...) e coloque os desenvolvimentos biotecnológicos listados na terceira coluna na respectiva área.
2. Relacione alguns dos mais importantes desenvolvimentos da ciência e tecnologia listados na segunda coluna, indicando quais os desenvolvimentos biotecnológicos (terceira coluna) dependentes deles.
3. Complemente a tabela cronológica com informação obtida em livros, revistas ou na Internet. Encontrará informação útil nos seguintes sites:

Empresas de biotecnologia:

Genentech www.genentech.com
Monsanto (EUA) www.monsanto.com
Monsanto (Reino Unido) www.monsanto.co.uk

Novartis www.novartis.com
Novo www.novo.dk

Centros de investigação:

Biotechnology and Biological Sciences Research Council www.bbsrc.ac.uk
Medical Research Council www.mrc.ac.uk
Wellcome Trust www.wellcome.ac.uk
Institute of Food Research www.ifrn.bbsrc.ac.uk

Outros:

European Food Information Council www.eufic.org
Nature www.nature.com
Science www.sciencemag.org
New Scientist newscientist.com
National Centre for Biotechnology Education www.rdg.ac.uk/NCBE
Portal de Biotecnologia (português) www.biotec-zone.net

“Actividade laboratorial: Enzimas - processos tradicionais”

Antes, durante ou depois de uma refeição.... Simples, com mel e nozes, com doce ou com pimenta e sal.... o queijo é uma herança secular que agrada aos mais exigentes e requintados paladares. Quem já não se deliciou a saborear um queijo fresco de fabrico artesanal? Mas, quais são as transformações que ocorrem desde o leite fresco até ao queijinho pronto a servir? E como é que uma flor se relaciona com estas transformações? É esse o desafio da aula de hoje...

Teoria

Enzimas de origem vegetal alteram as propriedades do leite, nomeadamente as cardosinas, presentes no cardo – *Cynara cardunculus*.

Princípios

1. O cardo - *Cynara cardunculus* – possui propriedades coagulantes que provêm das suas flores, quando secas.
2. Adicionando extracto de cardo ao leite ligeiramente aquecido desencadeia-se uma reacção de coagulação do leite responsável pela sua transformação em queijo.
3. Este tipo de coagulação é designado por coagulação pela acção de enzimas.

Conceitos

Enzimas, cardosinas, coagulação por acção enzimática, temperatura, reacção enzimática, floculação

Questão problema

É possível produzir
queijo fresco
utilizando plantas?

Conclusão

Transformações/Registos

Questões para reflexão:

1. Porque foi necessário aquecer o leite no início da experiência?
2. O tempo de duração da actividade foi influenciado por variações de temperatura? Justifique?
3. Indique a origem do coagulante enzimático utilizado.
4. Seria possível realizar esta actividade utilizando coagulantes de outro tipo? Se sim, dê exemplos.

Material/ Procedimento

Material:

1 fervedor/ pirex
1 placa de aquecimento
1 proveta graduada de 500 ml
1 termómetro
Relógio
1 coador grande
Tecido branco ligeiramente poroso

Reagentes:

Cardo (3 a 5 g)
500 ml de leite fresco do dia
3 g de sal grosso

Procedimento:

1. Antes de começar, lave as mãos;
2. Retire o leite do frigorífico e despeje 500ml no fervedor;
3. Ligue a placa de aquecimento a uma temperatura de 100°C e coloque sobre esta o fervedor com o leite;
4. Verifique regularmente a temperatura do leite até que esta atinja 55°C (se a temperatura estiver muito elevada, baixe-a através do controlo da placa de aquecimento);
5. Coloque sobre o tecido branco 5g de cardo e 3g de sal grosso;
6. Feche o pano, torcendo-o de forma a que consiga agarrá-lo;
7. Quando o leite estiver a 55°C, retire o fervedor de cima da placa de aquecimento;
8. Mergulhe lenta e continuamente o pano no leite, fazendo um movimento de rotação sempre no mesmo sentido e espremendo-o de vez em quando;
9. Continue com esse movimento sempre muito lentamente, durante cerca de 15 minutos, até que se observe a formação de pequenos flocos no leite;
10. Quando observar a formação de coalho, deixe repousar durante 30 minutos;
11. Assim que observar que o leite adquiriu uma consistência adequada (quase sólida), despeje o conteúdo da panela nas formas e tente separar o líquido da massa sólida, dando uma pequena ajuda com as mãos.
12. Registe as suas observações.
13. Interprete o que observou e tire conclusões.

INFORMAÇÃO SOBRE O CARDO

CLASSIFICAÇÃO CIENTÍFICA

Reino: Plantae

Filo: Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida

Ordem: Asterales

Família: Asteraceae

Género: *Cynara*

Espécie: *Cynara cardunculus* (L.)



Fig. 1: Pormenor da flor do cardo (adaptado de <http://images.google.pt/imgres?imgurl=http://biorui.no.sapo.pt/cynara.jpg&imgrefurl=http://biorui.no.sapo.pt/compostas.htm>)

NOME VULGAR: Cardo hortense, Cardo do coalho, Alcachofra hortense

DESCRIÇÃO: Planta de 2-12dm, robusta, tomentosa ou lanuginosa; folhas grandes, com o segmento terminal maior que os laterais; segmentos das folhas penatífendidos em lacínias lanceoladas ou lanceolada-lineares e com espinhos grandes (5-15mm), subpalmados na base dos segmentos; capítulos solitários, com a corola azul ou violáceo-azulada

HABITAT: Terrenos incultos e áridos

FLORAÇÃO: Junho a Agosto

Adaptado de <http://biorui.no.sapo.pt/compostas.htm> [Acedido a 06/04/10]

“Actividade de “*Role-Play*”: Papel das enzimas em alimentos do dia-a-dia”



Papel das enzimas em alimentos do dia-a-dia

A actividade que vos proponho tem como objectivo o desenvolvimento das seguintes competências:

- Competências conceptuais:

- Compreende o papel da actividade enzimática na conservação, melhoramento e produção de novos alimentos;
- Conhece os factores que influenciam a actividade das enzimas.

- Competências procedimentais:

- Organiza e interpreta dados de natureza diversa (experimentais, bibliográficos, Internet...) sobre o papel das enzimas como recursos biotecnológicos na produção/ conservação de alimentos;
- Apresenta soluções para uma questão-problema que reflecte uma situação real do quotidiano;
- Concebe e realiza uma actividade experimental para estudo dos factores que condicionam a actividade enzimática.

- Competências atitudinais:

- Valoriza conhecimentos sobre a importância das enzimas em muitos processos biotecnológicos de processamento/ conservação de alimentos;
- Constrói opiniões fundamentadas sobre a utilização de alimentos obtidos/ modificados por processos biotecnológicos;
- Participa activamente num debate, expondo os seus argumentos e ponderando argumentos contraditórios.

Questão-problema A:

O vosso grupo de trabalho faz parte de uma empresa de produtos alimentares sendo as gelatinas o conjunto de produtos de maior destaque e importância económica. O departamento de apoio ao consumidor recebeu uma queixa de um cliente cujo texto se transcreve abaixo.

A administração da empresa pede-vos um parecer técnico a apresentar no prazo de 15 dias em reunião geral.

“Exmos Srs:

Tendo adquirido uma embalagem de gelatina da vossa empresa com sabor a ananás venho, por este meio, apresentar a minha indignação por venderem um produto estragado! Verifiquei a validade, que se encontra dentro do prazo, mas ao fazer a gelatina, à qual adicionei ananás fresco cortado em pedaços para acentuar o sabor, a gelatina não solidificou! Agradeço que me reembolsem e que controlem melhor a qualidade dos vossos produtos.

Com os melhores cumprimentos,”

Cliente identificado

Tarefas:

- 1- Elaborem uma pequena pesquisa sobre a constituição da gelatina e sobre o efeito de alguns frutos frescos, em particular o ananás, sobre a gelatina.
- 2- Planeiem e executem uma actividade experimental para testar o **efeito da temperatura sobre a bromelaína, uma enzima (hidrolase) existente no ananás**.
- 3- Elaborem um relatório da vossa actividade (que inclua um “V” de Gowin) que será apresentado aos vossos colegas. Devem entregar uma cópia a cada grupo e preparar uma pequena apresentação oral do trabalho realizado.
- 4- Escrevam uma resposta ao consumidor descontente e elaborem um pequeno texto, a divulgar pela empresa, chamando a atenção para se evitar o uso de frutos frescos como ananás, papaia, figo ou kiwi na gelatina e com sugestões sobre o que fazer no caso de ser impossível recorrer a estes produtos enlatados.

Procedimento:

- 1 – Antes de planearem a vossa experiência, identifiquem as variáveis dependentes e independentes. Como vão medir estas variáveis? Que variáveis devem ser mantidas constantes durante a experiência? E como as vão manter constantes?
- 2 – Planeiem o procedimento e identifiquem o material necessário. Devem informar a professora do que vão necessitar.
- 3 – Lembrem-se de respeitar todas as regras de segurança durante a realização da actividade.

Nota: Os alimentos usados no laboratório não devem ser ingeridos. Sobre nenhuma circunstância devem ser ingeridos alimentos preparados ou colocados em material de laboratório.

Questões orientadoras:

- 1 – Reflectam sobre os processos de conservação dos alimentos. De que forma os processos de conservação em lata afectam as enzimas dos alimentos? Porque é necessário o processo de conservação em embalagens?
- 2 – Se alguém da vossa família planeasse fazer uma sobremesa de gelatina com pedaços de ananás e verificasse que só tinha ananás fresco em vez de ananás de conserva, que sugestões lhe daria para substituir o ananás fresco na receita?
- 3 – Muitos produtos utilizados para tornar a carne mais tenra incluem a papaia, figos, ou ananás como ingredientes. Que papel desempenham estes ingredientes nesses produtos?



Onde pesquisar?

- Duas fontes de Internet e/ou bibliográficas à sua escolha.
- “Gelatina”- Documento da Ciência Viva disponível em pdf na disciplina no moodle
- Silva, A. *et al.* (2002); Terra, Universo de Vida, 12º Ano, Biologia; Porto; Porto Editora, pags 256-267
 - Utilizações da gelatina em <http://www.hannabrasil.com/noticias/a-versatilidade-da-gelatina.htm>



A actividade que vos proponho tem como objectivo o desenvolvimento das seguintes competências:

- Competências conceptuais:

- Compreende o papel da actividade enzimática na conservação, melhoramento e produção de novos alimentos;
- Conhece os factores que influenciam a actividade das enzimas.

- Competências procedimentais:

- Organiza e interpreta dados de natureza diversa (experimentais, bibliográficos, Internet...) sobre o papel das enzimas como recursos biotecnológicos na produção/ conservação de alimentos;
- Apresenta soluções para uma questão-problema que reflecte uma situação real do quotidiano;
- Concebe e realiza uma actividade experimental para estudo dos factores que condicionam a actividade enzimática.

- Competências atitudinais:

- Valoriza conhecimentos sobre a importância das enzimas em muitos processos biotecnológicos de processamento/ conservação de alimentos;
- Constrói opiniões fundamentadas sobre a utilização de alimentos obtidos/ modificados por processos biotecnológicos;
- Participa activamente num debate, expondo os seus argumentos e ponderando argumentos contraditórios.

Questão-problema B:

O vosso grupo trabalha numa estação fruteira que recebe, selecciona, conserva e transforma alguns tipos de frutas. Neste momento, o desafio da empresa é comercializar fruta laminada ou em pedaços, sem escurecer e mantendo o aspecto de acabada de cortar.

A administração da empresa pede-vos que investiguem formas de reduzir o escurecimento de frutos, em especial maçãs e bananas. Devem apresentar um parecer técnico no prazo de 15 dias em reunião geral.

Muitos frutos recém cortados são propícios a escurecimento enzimático quando servidos crus. Esta alteração da cor é normalmente resultado da oxidação de compostos fenóis pela enzima polifenoloxidase (PFO). A PFO presente no fruto é activada quando exposta ao oxigénio do ar. Esta série de reacções é indesejável uma vez que acaba por resultar na cor castanha que tanto nos desagrada e até alteração de sabor.

A vossa tarefa é planear e executar uma actividade experimental para testar a eficácia de diferentes soluções para reduzir este escurecimento enzimático em maçãs ou bananas. As soluções a testar devem ser as seguintes: sumo de limão, ácido cítrico, ácido ascórbico (vitamina C), bisulfito de sódio e sacarose.

Tarefas:

- 5- Elaborem uma pequena pesquisa sobre os fundamentos bioquímicos do escurecimento de frutos.
- 6- Planeiem e executem uma actividade experimental para **testar a eficácia de diferentes soluções para reduzir a alteração da cor causada por escurecimento enzimático**.
A professora irá auxiliar-vos na preparação das soluções.
- 7- Elaborem um relatório da vossa actividade (que inclua um “V” de Gowin) que será apresentado aos vossos colegas. Devem entregar uma cópia a cada grupo e preparar uma pequena apresentação oral do vosso trabalho.

Procedimento:

- 1 – Antes de planearem a vossa experiência, identifiquem as variáveis dependentes e independentes. Como vão medir estas variáveis? Que variáveis devem ser mantidas constantes durante a experiência? E como as vão manter constantes?
- 2 – Planeiem o procedimento e identifiquem o material necessário. Devem informar a professora do que vão necessitar.
- 3 – Lembrem-se de respeitar todas as regras de segurança durante a realização da actividade.
- 4 – Façam uma previsão de qual será a solução que irá prevenir melhor o escurecimento enzimático. Fundamentem a vossa previsão.
- 5 – Após a recolha e análise dos dados, indiquem quais as soluções que melhor controlam a actividade da PFO.

Nota: Os alimentos usados no laboratório não devem ser ingeridos. Sobre nenhuma circunstância devem ser ingeridos alimentos preparados ou colocados em material de laboratório.

Questões orientadoras:

- 1 – Para cada solução usada, o que é que, na vossa opinião, reduz a reacção de escurecimento enzimático?
- 2 – Se fosse servir maçã laminada como sobremesa, numa festa, o que poderia fazer para prevenir o escurecimento da fruta após o seu corte? Será que o método escolhido irá alterar o sabor da fruta? Se sim, pensa que a alteração de sabor irá levar os convidados a não ingerirem a maçã laminada?
- 3 – Os bisulfitos provaram ser o método mais eficaz para controlar o escurecimento enzimático. No entanto, a Food and Drug Administration (FDA) nos EUA equivalente à Direcção Geral de Saúde, em Portugal, proibiu o uso de bisulfitos em frutas frescas e vegetais. Tente perceber porque foi banido o seu uso, relacionando com a forma como controlam as reacções enzimáticas de escurecimento da fruta.



Onde pesquisar?

- Duas fontes de Internet e/ou bibliográficas à sua escolha.
- Silva, A. *et al.* (2002); Terra, Universo de Vida, 12º Ano, Biologia; Porto; Porto Editora, pags 256-267
- “Aditivos alimentares” - Documento da Ciência Viva disponível em pdf na disciplina no moodle
- Vídeo ABCiência: http://www.abciencia.net/coz_1lab_prg9_v.html



Tema B - anexo

Orientações para a preparação de soluções:

- Para preparar 1 L de sumo de limão a 33%, dissolva 330 mL de sumo de limão puro em 670 mL de água (ligeiramente menos do que esta quantidade).
- Para preparar 1 L de ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) a 1%, dissolva 10g de ácido cítrico (sólido) em aproximadamente 975 mL de água. Depois de o ácido cítrico dissolver, completar o volume final de 1000mL adicionando água.
- Para preparar 1 L de bissulfito de sódio ($NaHSO_3$), dissolva 8g de bissulfito de sódio granulado em aproximadamente 975 mL de água.
(Nesta actividade será utilizado o sulfito de sódio Na_2SO_3 em vez do bissulfito de sódio)
- Para preparar 1 L de sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) a 10%, dissolva 100g de sacarose em aproximadamente 900 mL de água. Depois da sacarose se dissolver, completar o volume final de 1000mL adicionando água.
- Para preparar 1 L de ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$), dissolva 17,6g de ácido ascórbico em aproximadamente 975 mL de água. Depois de o ácido ascórbico se dissolver, completar o volume final de 1000mL adicionando água.
(No caso de utilizarem pastilhas efervescentes de vitamina C, o número de pastilhas a utilizar depende do tamanho de cada uma. Por exemplo, utilizando pastilhas com 500mg de vitamina C, esmague 35 pastilhas e dissolva-as em 1L de água.)

“O Jogo das Enzimas”

INSTRUÇÕES E REGRAS DO JOGO DAS ENZIMAS

- 1 Para o jogo são necessários 3 ou 4 jogadores.
- 2 Cada jogador tem de seleccionar uma enzima rodando o Spinner de escolha de enzima (spinner rosa nº1) que contém nomes de enzimas e dos microrganismos que as produzem. A informação relativa à enzima seleccionada pelo jogador pode ser encontrada na folha de informações das enzimas (por exemplo *Aspergillus niger* produz a enzima AMG – Amiloglucosidase).
- 3 No fim de todos os jogadores terem rodado o spinner de escolha e identificado a sua enzima recebem do banco o montante indicado na folha de informações respectiva.
- 4 Cada jogador deve agora ler em voz alta o resumo da informação correspondente à sua enzima.
- 5 O jogo pode agora começar. Cada jogador lança o dado e move os identificadores de enzima o número de espaços correspondente ao valor do dado.
- 6 As jogadas continuam até ser atingido o primeiro obstáculo onde o identificador tem de ficar até a próxima jogada. Os jogadores não podem ultrapassar o obstáculo sem rodar o spinner correspondente ao obstáculo e obter o valor referente a sua enzima
- 7 Depois do jogador ter utilizado o spinner correspondente ao obstáculo, tem de decidir se quer pagar ao banco para avançar ou esperar pela vez seguinte, para rodar o spinner novamente, tentando obter melhores condições. (O valor a pagar encontra-se na folha de informação da enzima). Se o valor requerido for obtido então o identificador sai do obstáculo para o próximo espaço lançando em seguida o dado e avançando até ao obstáculo seguinte.
- 8 O jogo está dividido em duas partes, a produção de enzimas e a utilização das mesmas. Existem três obstáculos de produção e quatro de utilização.
- 9 O primeiro jogador a passar o portal de vendas recebe 5000€ do banco, o segundo recebe 4000€ o terceiro 3000€ e o último recebe 2000€
- 10 Toda a informação necessária para passar cada obstáculo é fornecida na folha de informação das enzimas. Em cada obstáculo os jogadores têm de decidir continuam ou não.
- 11 Se após três tentativas o jogador não puder ultrapassar o obstáculo pode optar por pagar 500€ a cada jogador para prosseguir.
- 12 Todos os jogadores devem registar as diferentes condições e factores que os outros jogadores obtêm para que no final seja obtido um registo completo do jogo, pois os valores podem influenciar quem ganha o jogo.
- 13 Quando o identificador cair numa casa cor-de-rosa ou azul o jogador tem de tirar uma carta da sorte. Um ou todos os jogadores podem ser afectados pela informação dessa carta. O jogo continua quando todos os jogadores tiverem cumprido a indicação contida na carta de acordo com as características da sua enzima.
- 14 O jogo termina quando todos os jogadores atingirem a meta.
- 15 O primeiro jogador a terminar recebe do banco o valor igual ao montante que possui, o segundo recebe do banco metade do que já tem, o terceiro jogador recebe um quarto e o último não recebe nada.
- 16 Vence o jogo quem terminar com a maior conta bancária.

BOM JOGO!

Registo Laboratorial

As cartas de produção e utilização das enzimas podem afectar as decisões tomadas nas diferentes etapas do jogo, como tal é importante que os jogadores registem todos os dados de jogo.

<i>Produção de enzima</i>	Jogador 1	Jogador 2	Jogador 3	Jogador 4
Nome do jogador	_____	_____	_____	_____
Cor do identificador	_____	_____	_____	_____
Spinner de utilização (selecção de micróbio e enzima)				
Microorganismo seleccionado pelo spinner	_____	_____	_____	_____
Enzima produzida pelo Microorganismo	_____	_____	_____	_____
Barreira de cultura (bactéria, fungo, micróbio)				
Cultura seleccionada pelo jogador	_____	_____	_____	_____
Muro de fermentação (permissão, condição, ambos)				
Valor obtido pelo jogador	_____	_____	_____	_____
Fosso de processamento (líquido, granulado, imobilizado teor de alimento, purificado filtrado esterilizado)				
Valor obtido pelo jogador	_____	_____	_____	_____
Montantes recebidos/pagos por cartas da sorte ou outros jogadores	_____	_____	_____	_____
Utilização de enzimas				
Muro de substrato enzimático (lactose, glicose, pectina, proteína gorduras/óleos, celulose, amido substrato Joker)				
Substrato usado pelo jogador	_____	_____	_____	_____
Barreira de pH				
pH seleccionado pelo jogador	_____	_____	_____	_____
Fosso da temperatura				
Temperatura seleccionada pelo jogador	_____	_____	_____	_____
Barreira de aplicação				
Aplicação obtida pelo Jogador	_____	_____	_____	_____
Montantes recebidos/pagos por cartas da sorte ou outros jogadores	_____	_____	_____	_____
Dinheiro restante no final do jogo	_____	_____	_____	_____
Bónus obtido pela posição de fim de jogo	_____	_____	_____	_____
<i>Total de dinheiro Obtido</i>	_____	_____	_____	_____

Informação sobre o Jogo das Enzimas

O que deves saber depois de jogar o Jogo das Enzimas:

- As enzimas comerciais são obtidas a partir de microrganismos em fermentadores.
- As enzimas são específicas na medida em que actuam sobre substratos específicos;
- As enzimas são afectadas por factores como a temperatura e o pH;
- As enzimas desempenham um papel fundamental nos processos industriais;
- Apreciar este papel importante das enzimas em muitos processos industriais – soluções biológicas para problemas industriais.

É provável que, durante o Jogo das Enzimas, surjam dúvidas relacionadas com o uso das enzimas e a sua produção comercial. Escreva, no espaço abaixo, as questões e notas que surjam durante o jogo.

QUESTÕES:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

NOTAS:

.....

.....

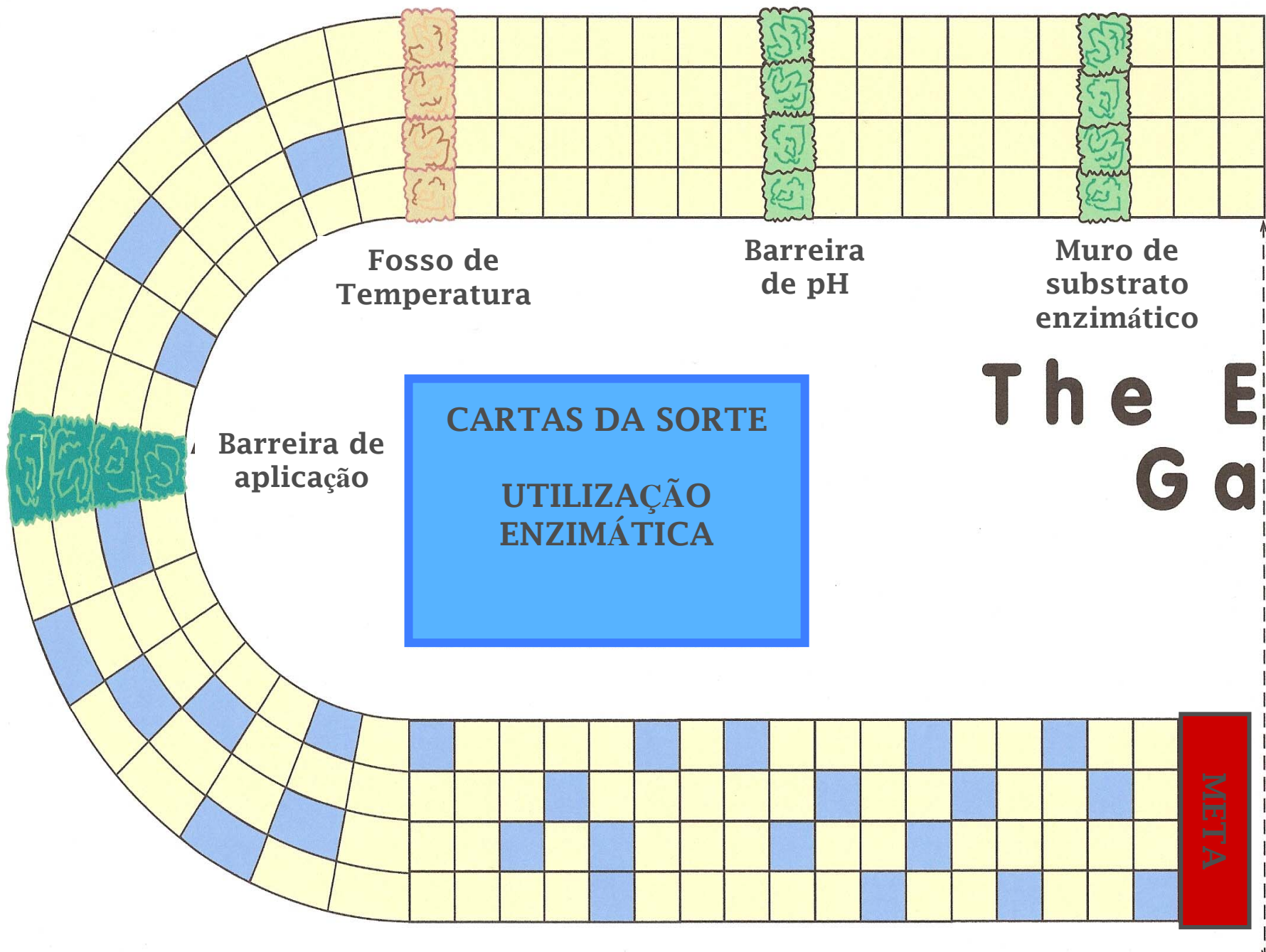
.....

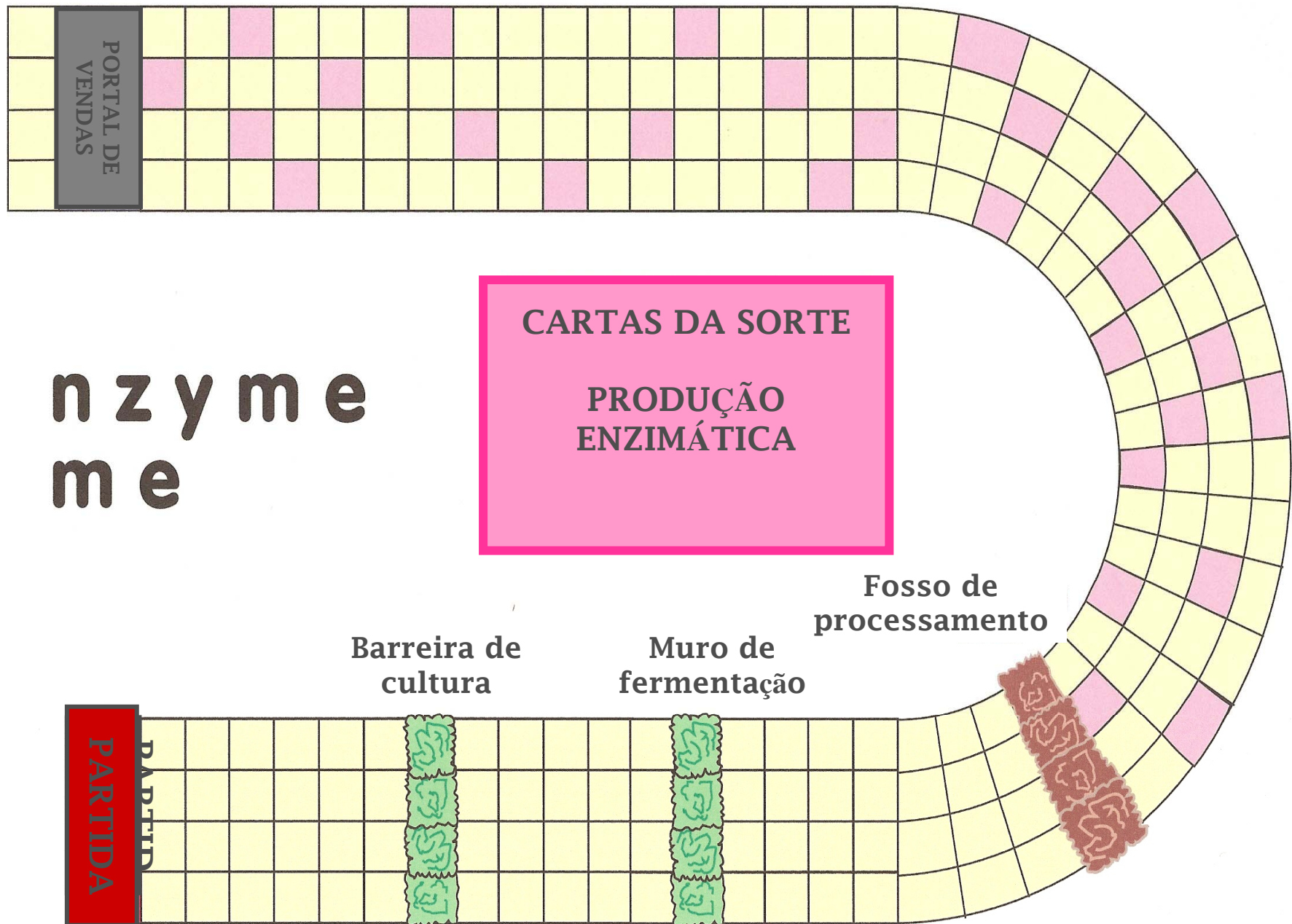
.....

.....

As referências que se seguem podem ajudar os jogadores a descobrir mais sobre as enzimas:

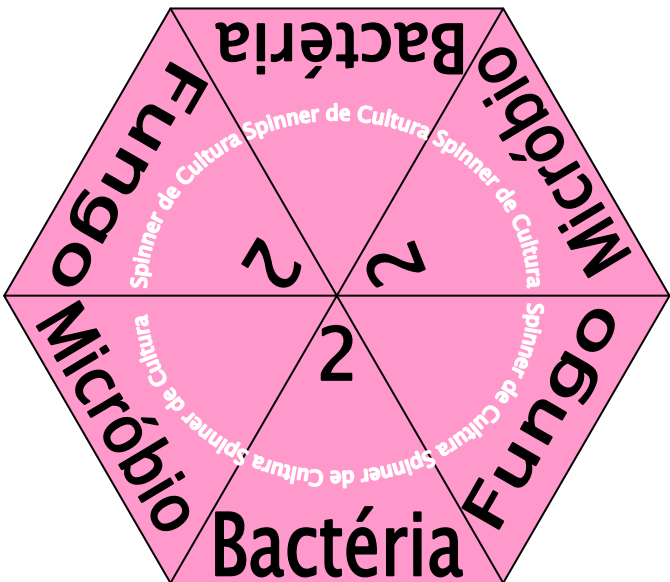
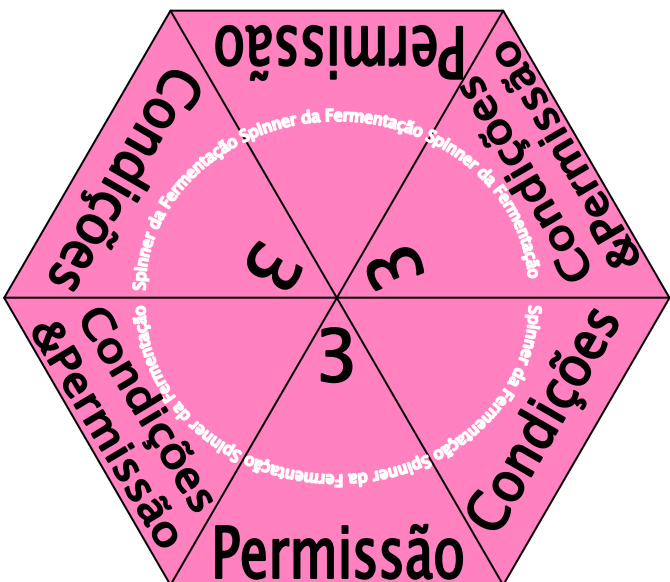
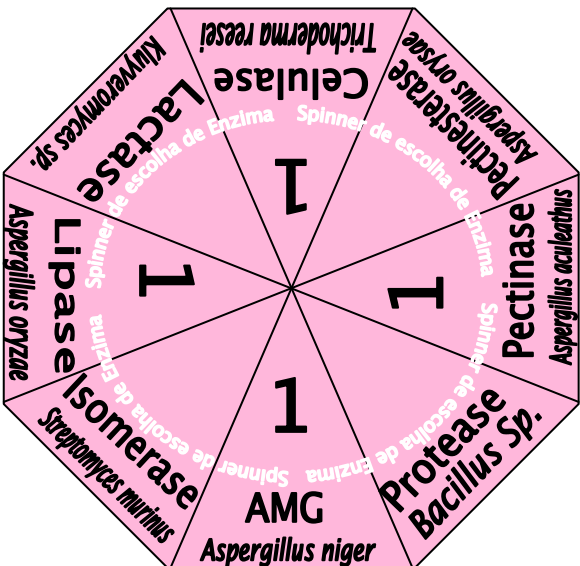
Web site: Novozymes A/S. (enzymes)	http://www.novozyme.com
Web site: Grist Brocades.	http://www.grist-brocades.nl
Web site: RSCB Protein Data Base.	http://www.rscb.org/pdb





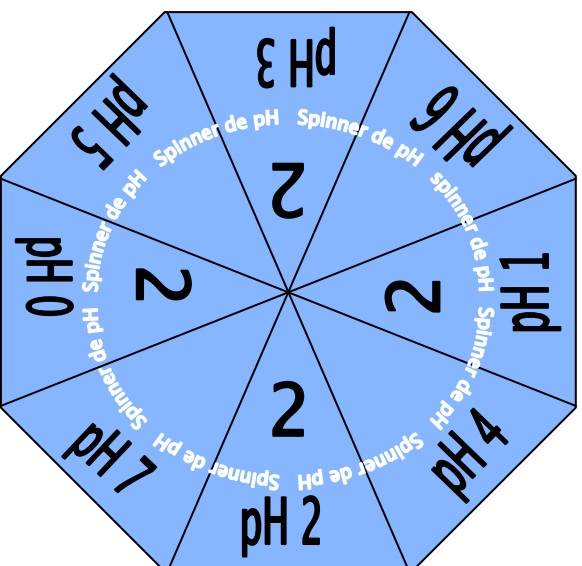
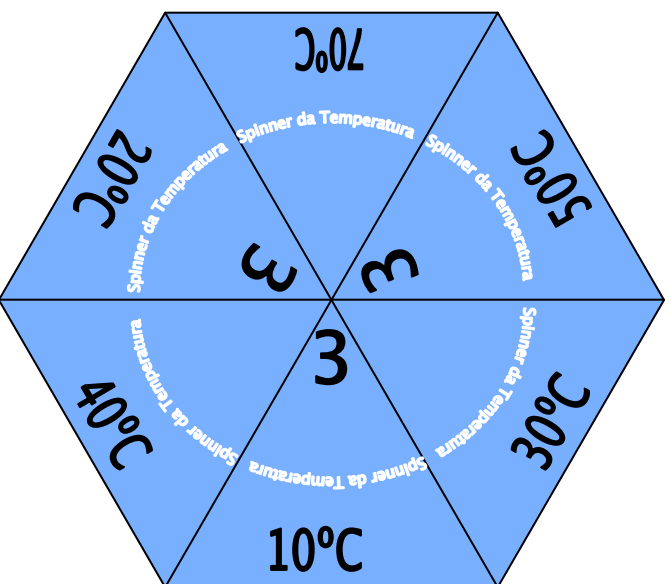
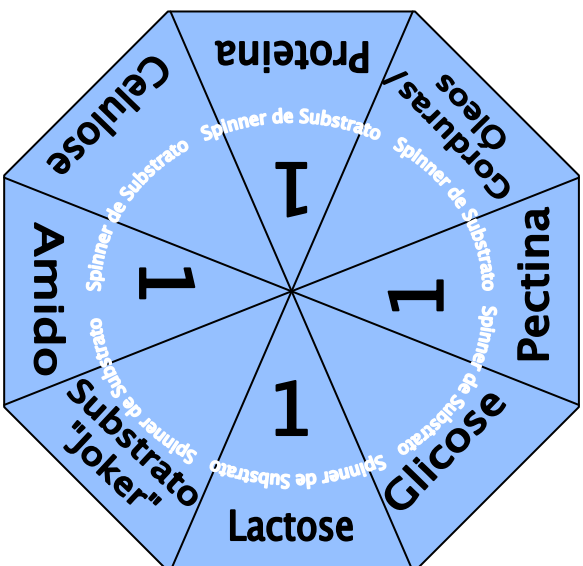
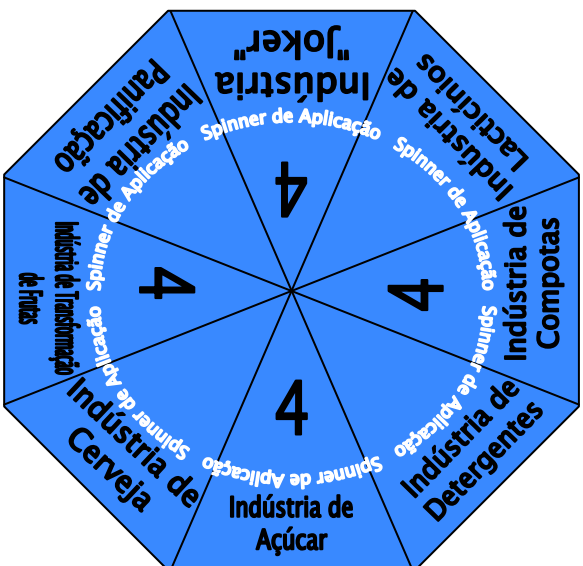
Spinners de Produção

XXXIII



Spinners de Utilização

XXXV



CARTA DA SORTE

Os custos de produção aumentaram.
Pague ao banco 1000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 1

CARTA DA SORTE

Um dos cientistas do departamento de pesquisa desenvolveu um processo a jusante mais eficiente.
Receba do banco 1000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 2

CARTA DA SORTE

A sua cultura microbiana ficou contaminada. Retorne ao Fosso de processamento.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 3

CARTA DA SORTE

Empresas concorrentes subiram o preço das suas enzimas o que resultou num aumento do volume dos seus negócios.
Receba 500€ de cada jogador.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 4

CARTA DA SORTE

Um dos seus jovens vendedores tornou-se vendedor do ano. A publicidade do acontecimento aumentou as vendas da sua enzima.
Jogue novamente.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 5

CARTA DA SORTE

A sua empresa perdeu uma grande encomenda de um cliente importante.
Pague ao banco 5000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 6

CARTA DA SORTE

A sua nova secretária perdeu a nota de encomenda de um cliente importante. Perde a próxima jogada enquanto o documento é procurado.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 7

CARTA DA SORTE

Um concorrente entra no mercado e vende o mesmo produto com um preço inferior.
Pague ao banco 1000€ por perda na transacção.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 8

CARTA DA SORTE

Uma empresa concorrente lança uma nova enzima e como resultado a sua empresa perde alguns negócios.
Fique uma vez sem jogar.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 9

CARTA DA SORTE

O medidor de temperatura de um dos fermentadores avariou-se e todo o conteúdo estragou-se.
Pague ao banco 1000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 10

CARTA DA SORTE

Um jornal publicita a sua empresa o que provocou um aumento no número de vendas.

Receba do banco 2000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 11

CARTA DA SORTE

A Delegação de Saúde e Segurança visitou a sua empresa e ficou satisfeito com as suas condições de trabalho.

Receba do banco 2000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 12

CARTA DA SORTE

Uma campanha de vendas pagou os dividendos e aumentou as vendas.

Receba do banco 1000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 13

CARTA DA SORTE

Uma nova estirpe de microrganismo criado por engenharia genética resultou num aumento na produção de enzimas.

Receba do banco 1000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 14

CARTA DA SORTE

Algumas das suas matérias-primas aumentaram de preço. A sua empresa suporta uma parte do aumento do custo.

Pague ao banco 1000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 15

CARTA DA SORTE

É criada uma nova empresa que lhe faz uma grande encomenda: passar a fornecer todas as enzimas necessárias.

Receba do banco 2000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 16

CARTA DA SORTE

Este mês você vai ter de trabalhar muito mais para conseguir atingir os objectivos de venda.

Fique uma vez sem jogar.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 17

CARTA DA SORTE

Uma modificação na estrutura do fermentador resultou num aumento da produção de enzima.

Receba do banco 1000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 18

CARTA DA SORTE

Os juros do empréstimo bancário para obras de melhoramento da sua empresa aumentaram.

Pague ao banco 1000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 19

CARTA DA SORTE

Um subsídio europeu permitiu melhorar o laboratório de pesquisa da sua empresa. Isto beneficiou a empresa e os lucros aumentaram.

Receba do banco 1000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 20

CARTA DA SORTE

O controlo de qualidade rejeitou um lote de enzimas da sua empresa de qualidade inferior ao normal.
Pague ao banco 1000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 21

CARTA DA SORTE

Uma modificação no meio de cultura dos fermentadores provou ser mais eficiente. O meio é mais barato e os lotes de enzimas são satisfatórios.
Receba do banco 1000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 22

CARTA DA SORTE

Um trabalhador externo à empresa provocou uma falha na electricidade, que resultou numa diminuição da produtividade.
Fique uma vez sem jogar enquanto se restabelece o fornecimento de energia.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 23

CARTA DA SORTE

Uma exposição internacional levou à assinatura de um acordo comercial. Os feitos da sua empresa levaram a um grande lucro.
Receba do banco 2000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 24

CARTA DA SORTE

Foram encontrados níveis inaceitáveis de microrganismos, usados na produção, nos esgotos da sua empresa. Os custos de limpeza e manutenção são elevados.
Pague ao banco 2000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 25

CARTA DA SORTE

Um grupo ambientalista “Green Audit” deu uma classificação alta à sua empresa.
Jogue novamente.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 26

CARTA DA SORTE

Fugas na área de produção da sua empresa provocam um problema ambiental denegrindo a imagem ambientalista da indústria.
Pague 500€ a cada jogador.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 27

CARTA DA SORTE

A rotulagem da sua enzima não respeita os regulamentos da UE.
Pague multa ao banco no valor de 2000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 28

CARTA DA SORTE

A sua empresa foi eleita Empresa do Ano devido às preocupações ambientais.
Receba do banco 1000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 29

CARTA DA SORTE

Um novo imposto de risco é obrigatório para quem utilizar OGMs. Todos os jogadores que utilizem OGMs pagam ao banco 1000€.

Jogo das enzimas: Produção - Carta da sorte 30

CARTAS DA SORTE

**PRODUÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**PRODUÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**PRODUÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**PRODUÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**PRODUÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**PRODUÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**PRODUÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**PRODUÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**PRODUÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**PRODUÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTA DA SORTE

Um operário estagiário adicionou demasiado ácido ao sistema enzimático.
Pague ao banco 500€.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 4

CARTA DA SORTE

Uma nova empresa entra no mercado e a sua empresa perde algumas vendas para a concorrente.
Fique uma vez sem jogar.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 5

CARTA DA SORTE

Surgiu no mercado um excedente de substrato e você compra-o a um preço mais vantajoso.
Receba do banco 2000€.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 6

CARTA DA SORTE

O preço dos combustíveis aumentou; todos os jogadores pagam ao banco 1000€.
Os jogadores cujo sistema de produção funciona acima da temperatura óptima pagam ao banco 2000€.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 7

CARTA DA SORTE

Uma cadeia televisiva tem publicitado o vosso produto o que resulta num aumento das vendas.
Jogue novamente.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 8

CARTA DA SORTE

Uma forte campanha publicitária aumenta vendas e lucros.
Receba do banco 1000€.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 9

CARTA DA SORTE

O preço dos combustíveis caiu e os lucros aumentaram. Receba do banco 1000€. Os outros jogadores recebem 500€ se os seus sistemas funcionarem a temperatura óptima.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 10

CARTA DA SORTE

Um programa de investigação dá bons resultados melhorando a conversão de substrato.
Receba 1000€ do banco

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 11

CARTA DA SORTE

O controlo de qualidade questiona a pureza do substrato.
Pague 1000€ ao banco.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 12

CARTA DA SORTE

Publicidade adversa resulta na redução das vendas da empresa e aumento de vendas dos concorrentes.
Pague 500€ ao banco e os outros jogadores recebem 500€.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 13

CARTA DA SORTE

Uma greve dos trabalhadores da indústria resultam num atraso da entrega do produto. Por incumprimento das entregas aos clientes fique uma vez sem jogar.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 11

CARTA DA SORTE

Um prémio da indústria aumenta a moral da empresa.
Receba 2000€ do banco.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 12

CARTA DA SORTE

É feito o reembolso de um empréstimo para melhoramento das instalações.
Pague ao banco 500€.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 13

CARTA DA SORTE

Os melhoramentos na fábrica começam a pagar dividendos levando a um aumento dos lucros da empresa.
Receba 1000€ do banco.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 14

CARTA DA SORTE

Uma recessão comercial resulta no aumento de stock de materiais por parte dos jogadores.
Todos os jogadores pagam 1000€ ao banco

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 15

CARTA DA SORTE

Os produtos de alimentação estão a vender bem em todo o mundo.
Todos os jogadores de produção de alimentos recebem 2000€ do banco.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 16

CARTA DA SORTE

O novo director da empresa elimina as práticas de desperdício. Qualquer jogador que não tenha usado o pH ou temperatura óptimos paga 1000€ ao banco.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 17

CARTA DA SORTE

A preparação para uma exposição comercial ocupa muito do teu tempo.
Fique uma vez sem jogar enquanto se prepara para as semanas da exposição.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 18

CARTA DA SORTE

O teu fornecedor de ácidos e bases aumentou o seu preço. Se algum dos jogadores utilizou a sua enzima fora do pH óptimo paga 1000€ ao banco.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 19

CARTA DA SORTE

Os impostos da empresa aumentam.
Todos os jogadores pagam 1000€ ao banco.

Jogo das enzimas: Utilização - Carta da sorte 20

CARTA DA SORTE

Os melhoramentos na arquitectura da fábrica resultam numa maior eficácia na conversão de substrato.
Receba 1500€ do banco.

João das enzimas: Utilização - Carta da sorte 71

CARTA DA SORTE

O custo dos químicos mantém-se estável. Tinha previsto aumentos.
Receba 500€ do banco.

João das enzimas: Utilização - Carta da sorte 72

CARTA DA SORTE

Um melhoramento no pré-tratamento do lixo resulta em menos desperdício de água.
Receba 1000€ do banco.

João das enzimas: Utilização - Carta da sorte 73

CARTA DA SORTE

O custo dos combustíveis aumentou. Pague 1000€ ao banco pelo aumento do custo dos transportes.

João das enzimas: Utilização - Carta da sorte 74

CARTA DA SORTE

Existe um aumento da procura de sumo de maçã. Se a sua enzima está envolvida na produção de sumo de maçã recebe 2000€ do banco.

João das enzimas: Utilização - Carta da sorte 75

CARTA DA SORTE

Uma grande cadeia de supermercados produz um novo detergente enzimático. Se a sua enzima está envolvida na produção de detergentes recebe 2000€ do banco.

João das enzimas: Utilização - Carta da sorte 76

CARTA DA SORTE

Excesso de hidratos de carbono leva a um aumento na procura de enzimas para produção de doces. Se a sua enzima está envolvida na produção de doces recebe 2000€ do banco.

João das enzimas: Utilização - Carta da sorte 77

CARTA DA SORTE

É verão e está muito calor...a venda de gelados aumenta. Se a sua enzima está envolvida na produção de gelados recebe do banco 3000€.

João das enzimas: Utilização - Carta da sorte 78

CARTA DA SORTE

Um novo iogurte de frutas de baixas calorias tornou-se muito popular. Se a sua enzima está envolvida na sua produção recebe 2000€ do banco.

João das enzimas: Utilização - Carta da sorte 79

CARTA DA SORTE

Um novo programa de investigação, "álcool para combustível" requer uma enzima para produção de açúcares fermentáveis. Se a sua enzima está envolvida na produção recebe 2000€ do banco.

João das enzimas: Utilização - Carta da sorte 80

CARTAS DA SORTE

**UTILIZAÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**UTILIZAÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**UTILIZAÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**UTILIZAÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**UTILIZAÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**UTILIZAÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**UTILIZAÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**UTILIZAÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTAS DA SORTE

**UTILIZAÇÃO
ENZIMÁTICA**

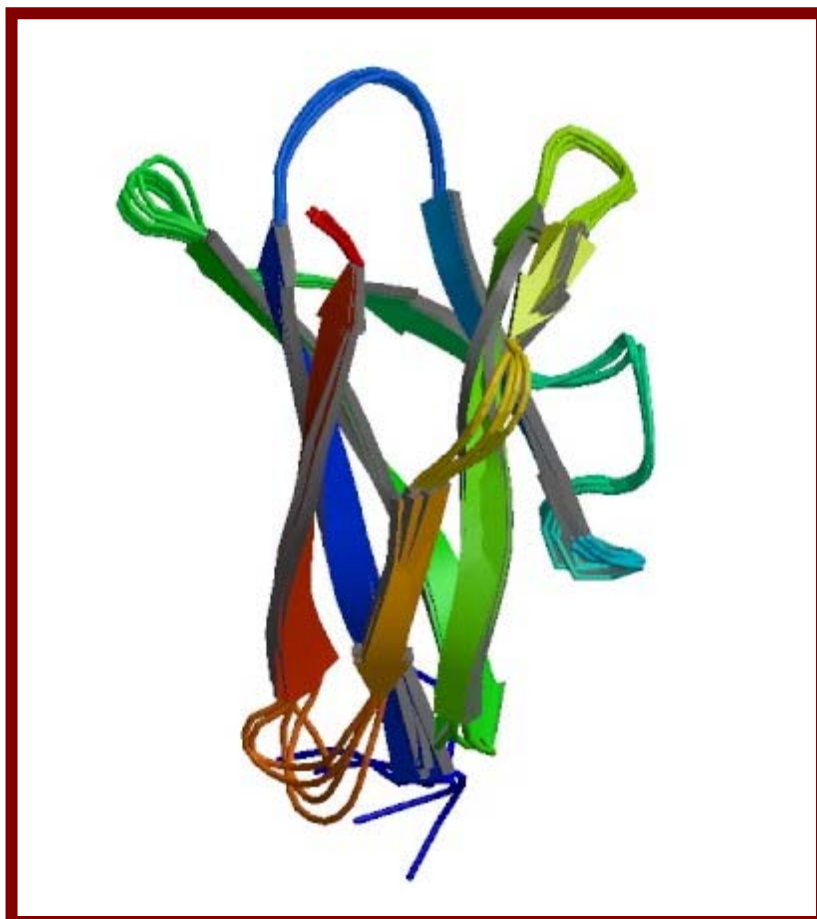
CARTAS DA SORTE

**UTILIZAÇÃO
ENZIMÁTICA**

CARTÕES DE INFORMAÇÃO SOBRE AS ENZIMAS

Microorganismo: *Aspergillus nigr*

Enzima produzida: AMYLOGLUCOSIDASE



Estrutura proteica da AMG – Amyloglucosidade
(imagem obtida em www.rcsb.org consultado pela última vez em 03/05/08)

A enzima hidrolisa moléculas de amido em unidades de glicose.

A AMG é a enzima amyloglucosidase. Ela hidrolisa amido em glicose pela remoção de unidades de glicose de modo progressivo a partir da terminação não reduzida da molécula de amido. A enzima hidrolisa as ligações 1,4 e 1,6 da molécula de glicose.

O microorganismo que produz esta enzima é uma estirpe seleccionada do fungo *Aspergillus níger*.

Informação sobre a Produção e Utilização da AMG, amylglucosidase

Informação sobre a Produção

Receba do banco 10000€

A informação que se segue é necessária para o sucesso na produção da enzima e será necessária para jogar o jogo. São dadas indicações para: a cultura microbiológica adequada à produção enzimática, a permissão para o crescimento do microorganismo, as condições adequadas ao sucesso na produção da enzima e finalmente no processamento, de forma a que a enzima seja um produto comercialmente sólido e eficiente.

Barreira de cultura

Apenas as culturas seguintes lhe permitem ultrapassar a barreira e prosseguir até ao próximo obstáculo:

“**Fungos**” pague ao banco 1000€ para instalar a cultura

“**Micróbios**” pague ao banco 2000€ para instalar a cultura

Muro de fermentação

Apenas as seguintes opções lhe permitem passar o muro de fermentação e continuar até ao próximo obstáculo:

“**Permissão e condições**” pague ao banco 1000€

“**Permissão**” pague ao banco 2000€

“**Condições**” pague ao banco 2000€

Fosso de processamento

Apenas os processos seguintes lhe permitem ultrapassar este obstáculo e passar à próxima etapa do jogo:

“**Líquido**” pague ao banco 1000€ pelos custos de processamento

Ou

“**Granulado**” pague ao banco 1000€ pelos custos de processamento

Informação sobre a Utilização

A informação que se segue é necessária para a segunda parte do Jogo das Enzimas, onde a enzima deve ser usada eficientemente. Será fundamental obter o substrato mais adequado e seleccionar as condições óptimas de temperatura e pH para essa enzima.

Muro de substrato enzimático

Neste obstáculo terá de comprar o substrato adequado para a sua enzima:

“**Amido**” pague ao banco 1000€ pelo substrato

Ou

“**Substrato joker**” pague ao banco 2000€ pelo substrato.

Barreira de pH

Nesta barreira só poderá avançar se obtiver os valores de pH recomendados para a sua enzima. Em alternativa, poderá avançar no jogo com um valor de pH próximo mas, neste caso, terá de pagar ao banco uma determinada quantia por uso ineficiente e economicamente baixo. Em vez de pagar ao banco pode optar por esperar na barreira pela próxima jogada e por um valor de pH mais adequado: “**pH 4,0**” recomendado para um funcionamento eficiente da enzima

“**pH 5,0 e 6,0**” ineficientes, pague ao banco 1500€

“**pH 3,0**” pouco eficiente, pague ao banco 1000€

Fosso de temperatura

Neste obstáculo, o valor a obter determina a temperatura óptima de actuação da sua enzima. Se o valor obtido estiver entre uma das seguintes opções, poderá avançar no jogo. Se o valor obtido não for nenhum dos recomendados terá de esperar pela próxima jogada e tentar de novo ou pagar a multa indicada:

“**60°C**” temperatura recomendada, prossiga o jogo

“**70°C**” a enzima não está tão estável como à temperatura recomendada, pague ao banco 1000€

“**40°C e 50°C**” a enzima está estável a estas temperaturas mas não funciona tão eficientemente, pague ao banco 500€

Barreira de aplicação

A última barreira considera as possíveis aplicações industriais da sua enzima. Algumas enzimas são muito específicas para uma determinada indústria, já que realizam uma tarefa muito específica enquanto que outras enzimas são usadas por várias indústrias:

“**Indústria de panificação**” usada em massa de pão congelada, receba do banco 500€.

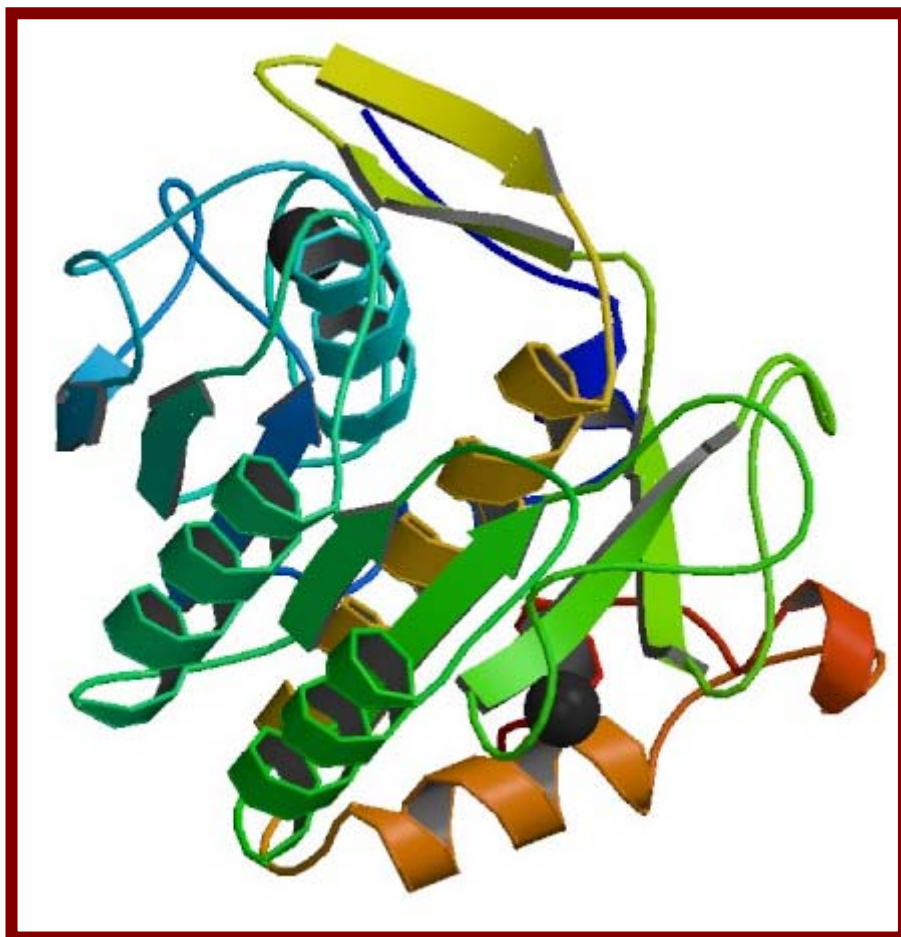
“**Indústria do açúcar**” sacarificação do amido, receba do banco 500€.

“**Indústria de cerveja**” usada na produção de cervejas com baixas calorias, receba do banco 500€.

“**Indústria Joker**” prossiga no jogo.

Microorganismo: *Bacillus sp.*

Enzima produzida: SAVINASE® (PROTEASE)



Estrutura proteica da Savinase
(imagem obtida em www.rcsb.org consultado pela última vez em 03/05/08)

As proteases são usadas pela indústria de detergentes na produção de detergentes biológicos em pó.

A Savinase® é uma protease usada pela indústria de detergentes. É usada em detergentes em pó, para roupa e louça, e remove nódoas de natureza proteica tais como sangue, gorduras, ovos e molhos. Estas nódoas são frequentemente difíceis de remover pois são insolúveis em água e aderem fortemente a roupa e louça. A enzima Savinase® hidrolisa as proteínas em péptidos solúveis em água e dissolve-as na água de lavagens. Savinase® é produzida em fermentadores por uma bactéria geneticamente modificada do género *Bacillus*.

Informação sobre a Produção e Utilização da Savinase® uma protease usada em lavandarias e máquinas automáticas de lavar louça.

Informação sobre a Produção

Receba do banco 13000€

A informação que se segue é necessária para o sucesso na produção da enzima e será necessária para jogar o jogo. São dadas indicações para: a cultura microbiológica adequada à produção enzimática, a permissão para o crescimento do microorganismo, as condições adequadas ao sucesso na produção da enzima e finalmente no processamento, de forma a que a enzima seja um produto comercialmente sólido e eficiente.

Barreira de cultura

Apenas as culturas seguintes lhe permitem ultrapassar a barreira e prosseguir até ao próximo obstáculo:
“**Bactérias**” pague ao banco 1000€ para instalar a cultura
“**Micróbios**” pague ao banco 2000€ para instalar a cultura

Muro de fermentação

Apenas as seguintes opções lhe permitem passar o muro de fermentação e continuar até ao próximo obstáculo:
“**Permissão e condições**” pague ao banco 2000€
“**Permissão**” pague ao banco 3000€
“**Condições**” pague ao banco 2000€

Fosso de processamento

Apenas os processos seguintes lhe permitem ultrapassar este obstáculo e passar à próxima etapa do jogo:
“**Líquido**” pague ao banco 1000€ pelos custos de processamento
Ou
“**Granulado**” pague ao banco 2000€ pelos custos de processamento

Informação sobre a Utilização

A informação que se segue é necessária para a segunda parte do Jogo das Enzimas, onde a enzima deve ser usada eficientemente. Será fundamental obter o substrato mais adequado e seleccionar as condições óptimas de temperatura e pH para essa enzima.

Muro de substrato enzimático

Neste obstáculo terá de comprar o substrato adequado para a sua enzima:
“**Proteína**” pague ao banco 2000€ pelo substrato
Ou
“**Substrato joker**” pague ao banco 2000€ pelo substrato.

Barreira de pH

Nesta barreira só poderá avançar se obtiver os valores de pH recomendados para a sua enzima. Em alternativa, poderá avançar no jogo com um valor de pH próximo mas, neste caso, terá de pagar ao banco uma determinada quantia por uso ineficiente e economicamente baixo. Em vez de pagar ao banco pode optar por esperar na barreira pela próxima jogada e por um valor de pH mais adequado:
“**pH 8.0, 9.0, 10.0**” recomendado para um funcionamento eficiente da enzima.
“**pH 7.0 e 11.0**” pouco eficientes, pague ao banco 1000€
“**pH 12.0**” ineficiente, pague ao banco 1500€

Fosso de temperatura

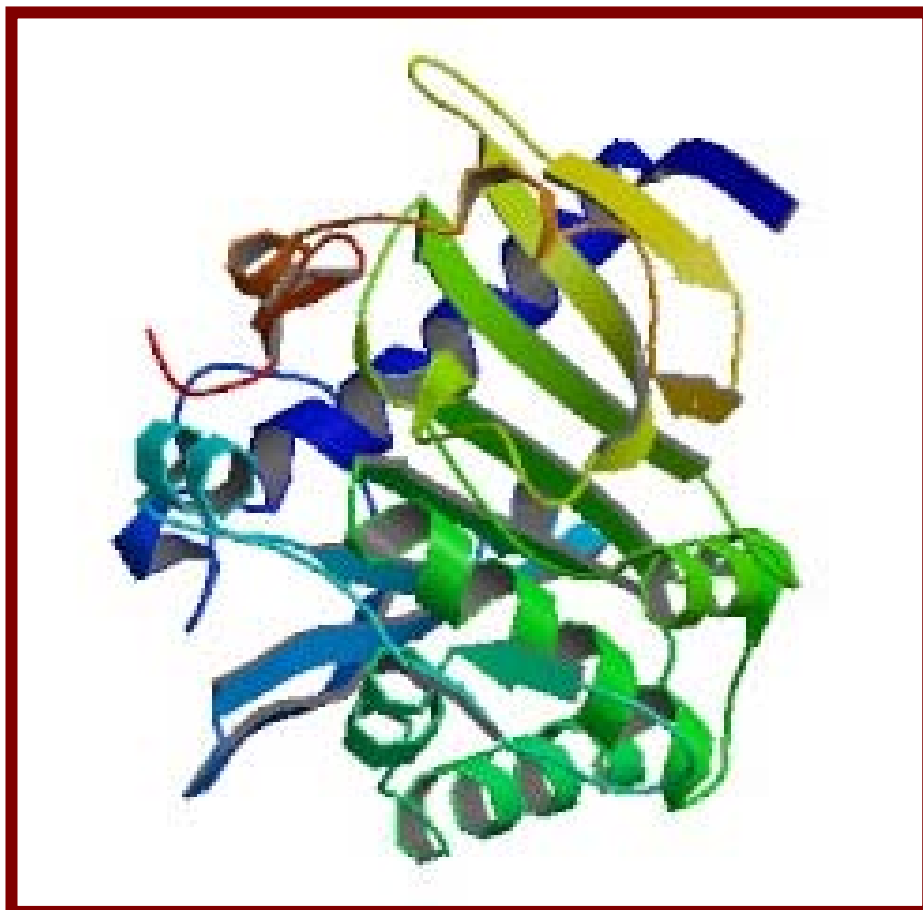
Neste obstáculo, o valor a obter determina a temperatura óptima de actuação da sua enzima. Se o valor obtido estiver entre uma das seguintes opções, poderá avançar no jogo. Se o valor obtido não for nenhum dos recomendados terá de esperar pela próxima jogada e tentar de novo ou pagar a multa indicada:
“**50°C**” temperatura recomendada, prossiga o jogo
“**40°C ou 60°C**” temperatura economicamente insuficiente, pague ao banco 1000€
“**30°C ou 70°C**” temperatura economicamente insuficiente, pague ao banco 2000€

Barreira de aplicação

A última barreira considera as possíveis aplicações industriais da sua enzima. Algumas enzimas são muito específicas para uma determinada indústria, já que realizam uma tarefa muito específica enquanto que outras enzimas são usadas por várias indústrias:
“**Indústria de detergentes**” usada na produção de detergentes em pó para lavagens de roupa e louça, receba do banco 1000€.
“**Indústria Joker**” prossiga no jogo.

Microorganismo: *Aspergillus oryzae*

Enzima produzida: **LIPOLASE™ (LIPASE)**



Estrutura proteica de uma lipase
(imagem obtida em www.rcsb.org consultado pela última vez em 03/05/08)

A lipolase é uma enzima usada na indústria de detergentes.

A Lipolase™ é uma lipase utilizada na indústria de detergentes para remover nódos de gorduras e óleos dos tecidos. Ela hidrolisa triglicerídeos em diglicerídeos e monoglicerídeos, glicerol e ácidos gordos, que são todos mais solúveis em água do que as gorduras e óleos originais. Esta enzima actua eficazmente sobre gorduras e óleos de natureza animal e vegetal. Remove nódos de fritos, óleos de saladas, manteiga, sopas, sebo e cosméticos, como os batons. A Lipolase™ é produzida por tecnologia de manipulação de DNA. A informação genética para a produção da enzima foi transferida do fungo dador (*Mucor*) para uma estirpe de laboratório do fungo *Aspergillus oryzae*.

Informação sobre a Produção e Utilização da Lipolase™, uma enzima dos detergentes para nódoas de gordura

Informação sobre a Produção

Receba do banco 12500€

A informação que se segue é necessária para o sucesso na produção da enzima e será necessária para jogar o jogo. São dadas indicações para: a cultura microbiológica adequada à produção enzimática, a permissão para o crescimento do microorganismo, as condições adequadas ao sucesso na produção da enzima e finalmente no processamento, de forma a que a enzima seja um produto comercialmente sólido e eficiente.

Barreira de cultura

Apenas as culturas seguintes lhe permitem ultrapassar a barreira e prosseguir até ao próximo obstáculo:

“**Fungos**” pague ao banco 1000€ para instalar a cultura

“**Micróbios**” pague ao banco 2000€ para instalar a cultura

Muro de fermentação

Apenas as seguintes opções lhe permitem passar o muro de fermentação e continuar até ao próximo obstáculo:

“**Permissão e condições**” pague ao banco 2000€

“**Permissão**” pague ao banco 3000€

“**Condições**” pague ao banco 2000€

Fosso de processamento

Apenas os processos seguintes lhe permitem ultrapassar este obstáculo e passar à próxima etapa do jogo:

“**Líquido**” pague ao banco 1000€ pelos custos de

processamento

Ou

“**Granulado**” pague ao banco 2000€ pelos custos de

processamento

Informação sobre a Utilização

A informação que se segue é necessária para a segunda parte do Jogo das Enzimas, onde a enzima deve ser usada eficientemente. Será fundamental obter o substrato mais adequado e seleccionar as condições óptimas de temperatura e pH para essa enzima.

Muro de substrato enzimático

Neste obstáculo terá de comprar o substrato adequado para a sua enzima:

“**Gorduras/ óleos**” pague ao banco 2000€ pelo substrato

Ou

“**Substrato joker**” pague ao banco 2000€ pelo substrato.

Barreira de pH

Nesta barreira só poderá avançar se obtiver os valores de pH recomendados para a sua enzima. Em alternativa, poderá avançar no jogo com um valor de pH próximo mas, neste caso, terá de pagar ao banco uma determinada quantia por uso ineficiente e economicamente baixo. Em vez de pagar ao banco pode optar por esperar na barreira pela próxima jogada e por um valor de pH mais adequado:

“**pH 10,0 e 11,0**” recomendado para a sua enzima que funciona bem em condições alcalinas encontradas nos detergentes em pó. Prossiga o jogo.

“**pH 7,0; 8,0 e 9,0**” a enzima ainda funciona mas não tão eficientemente; pague ao banco 1500€

Fosso de temperatura

Neste obstáculo, o valor a obter determina a temperatura óptima de actuação da sua enzima. Se o valor obtido estiver entre uma das seguintes opções, poderá avançar no jogo. Se o valor obtido não for nenhum dos recomendados terá de esperar pela próxima jogada e tentar de novo ou pagar a multa indicada:

“**30°C ou 40°C**” temperatura recomendada, prossiga o jogo

“**50°C e 60°C**” a enzima está estável mas altas temperaturas gastam energia, pague ao banco 1500€

“**10°C ou 20°C**” a enzima ainda funciona bem e está estável, pague ao banco 1000€

Barreira de aplicação

A última barreira considera as possíveis aplicações industriais da sua enzima. Algumas enzimas são muito específicas para uma determinada indústria, já que realizam uma tarefa muito específica enquanto que outras enzimas são usadas por várias indústrias:

“**Indústria de detergentes**” usada na produção de detergentes em pó, receba do banco 1000€.

“**Indústria Joker**” prossiga no jogo.

Microorganismo: *Aspergillus oryzae*

Enzima produzida: NOVOSHAPE™ (Pectinesterase)



Estrutura proteica de uma pectinesterase
(imagem obtida em www.rcsb.org consultado pela última vez em 03/05/08)

A pectinesterase é uma enzima que hidrolisa a pectina metilada. É usada para ajudar a manter a forma e estrutura da fruta em preparações alimentares.

A NovoShape™ é uma enzima pectinesterase pura encontrada no fungo *Aspergillus aculeatus*. Tem sido usada tecnologia de manipulação de DNA para transferir a informação genética relativa à produção da enzima do dador *Aspergillus fungus* para uma outra estirpe do fungo *Aspergillus oryzae* usada em laboratório.

Informação sobre a Produção e Utilização da NovoShape™, uma pectinesterase pura

Informação sobre a Produção

Receba do banco 12000€

A informação que se segue é necessária para o sucesso na produção da enzima e será necessária para jogar o jogo. São dadas indicações para: a cultura microbiológica adequada à produção enzimática, a permissão para o crescimento do microorganismo, as condições adequadas ao sucesso na produção da enzima e finalmente no processamento, de forma a que a enzima seja um produto comercialmente sólido e eficiente.

Barreira de cultura

Apenas as culturas seguintes lhe permitem ultrapassar a barreira e prosseguir até ao próximo obstáculo:

“**Fungos**” pague ao banco 1000€ para instalar a cultura

“**Micróbios**” pague ao banco 2000€ para instalar a cultura

Muro de fermentação

Apenas as seguintes opções lhe permitem passar o muro de fermentação e continuar até ao próximo obstáculo:

“**Permissão e condições**” pague ao banco 2000€

“**Permissão**” pague ao banco 3000€

“**Condições**” pague ao banco 2000€

Fosso de processamento

Apenas os processos seguintes lhe permitem ultrapassar este obstáculo e passar à próxima etapa do jogo:

“**Líquido**” pague ao banco 1000€ pelos custos de processamento

Ou

“**Purificado**” pague ao banco 2000€ pelos custos de processamento

Ou

“**Teor de alimento**” pague ao banco 2000€ pelos custos de processamento

Informação sobre a Utilização

A informação que se segue é necessária para a segunda parte do Jogo das Enzimas, onde a enzima deve ser usada eficientemente. Será fundamental obter o substrato mais adequado e seleccionar as condições óptimas de temperatura e pH para essa enzima.

Muro de substrato enzimático

Neste obstáculo terá de comprar o substrato adequado para a sua enzima:

“**Pectina**” pague ao banco 2000€ pelo substrato

Ou

“**Substrato joker**” pague ao banco 2000€ pelo substrato.

Barreira de pH

Nesta barreira só poderá avançar se obtiver os valores de pH recomendados para a sua enzima. Em alternativa, poderá avançar no jogo com um valor de pH próximo mas, neste caso, terá de pagar ao banco uma determinada quantia por uso ineficiente e economicamente baixo. Em vez de pagar ao banco pode optar por esperar na barreira pela próxima jogada e por um valor de pH mais adequado:

“**pH 5,0**” recomendado para a sua enzima. Prossiga o jogo.

“**pH 4,0 e 6,0**” a enzima ainda funciona mas não tão eficientemente; pague ao banco 1000€

Fosso de temperatura

Neste obstáculo, o valor a obter determina a temperatura óptima de actuação da sua enzima. Se o valor obtido estiver entre uma das seguintes opções, poderá avançar no jogo. Se o valor obtido não for nenhum dos recomendados terá de esperar pela próxima jogada e tentar de novo ou pagar a multa indicada:

“**40°C**” temperatura recomendada, prossiga o jogo.

“**50°C e 30°C**” temperatura de funcionamento menos eficiente, pague ao banco 1000€

“**20°C**” pouca enzima está activa a esta temperatura, pague ao banco 1500€

Barreira de aplicação

A última barreira considera as possíveis aplicações industriais da sua enzima. Algumas enzimas são muito específicas para uma determinada indústria, já que realizam uma tarefa muito específica enquanto que outras enzimas são usadas por várias indústrias:

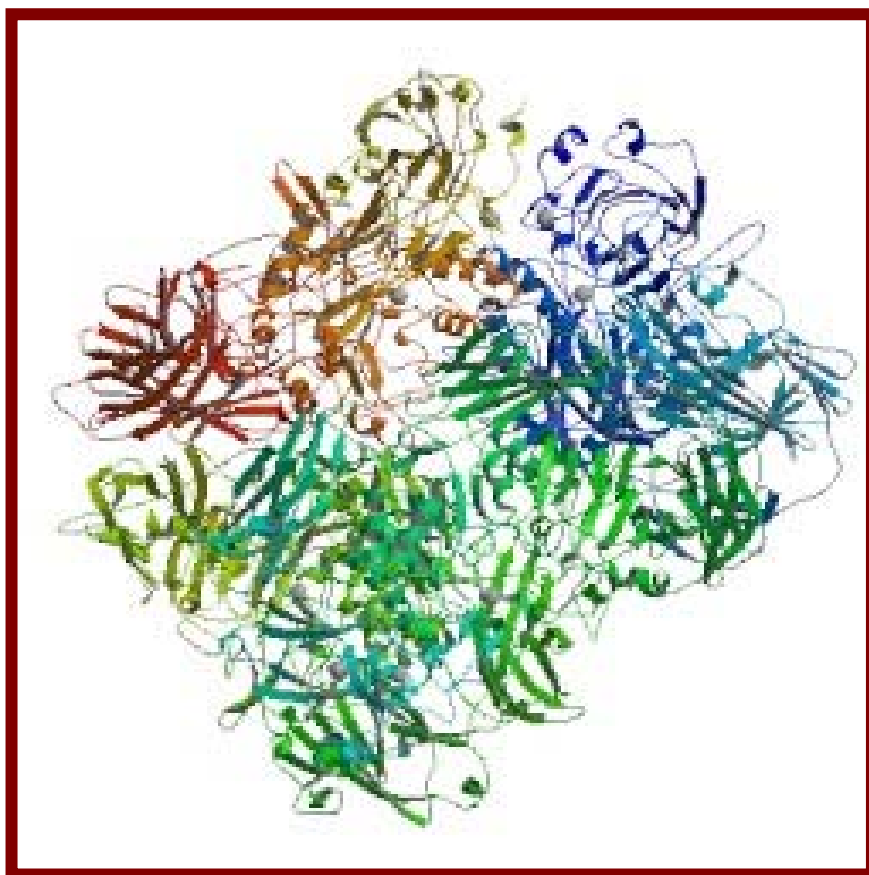
“**Indústria de laticínios**” usada para solidificar pedaços de fruta em produtos lácteos, receba do banco 1000€

“**Indústria de compotas**” usada para solidificar geleias e compotas, receba do banco 1000€

“**Indústria Joker**” prossiga no jogo.

Microorganismo: *Kluyveromyces sp.*

Enzima produzida: LACTOZYM® (Lactase)



Estrutura proteica da lactase também chamada β -galactosidase
(imagem obtida em www.rcsb.org consultado pela última vez em 03/05/08)

A lactase separa a lactose em glicose e galactose.

A Lactozyme® é uma β -galactosidase, mais conhecida por lactase e é produzida pela fermentação de uma estirpe seleccionada de uma levedura *Kluyveromyces*. A enzima é usada na indústria de laticínios para hidrolisar o açúcar lactose presente no leite em glicose e galactose. Estes açúcares são mais doces do que a lactose e por isso podem produzir produtos açucarados sem ter de se adicionar adoçantes. Muitas pessoas são intolerantes à lactose e não podem beber leite, mas o leite tratado com a enzima lactase torna-se mais doce e evita a intolerância.

Informação sobre a Produção e Utilização da Lactozyme[®], uma enzima que hidrolisa lactose

Informação sobre a Produção

Receba do banco 9000€

A informação que se segue é necessária para o sucesso na produção da enzima e será necessária para jogar o jogo. São dadas indicações para: a cultura microbiológica adequada à produção enzimática, a permissão para o crescimento do microorganismo, as condições adequadas ao sucesso na produção da enzima e finalmente no processamento, de forma a que a enzima seja um produto comercialmente sólido e eficiente.

Barreira de cultura

Apenas as culturas seguintes lhe permitem ultrapassar a barreira e prosseguir até ao próximo obstáculo:
“**Fungos**” pague ao banco 1000€ para instalar a cultura
“**Micróbios**” pague ao banco 2000€ para instalar a cultura

Muro de fermentação

Apenas as seguintes opções lhe permitem passar o muro de fermentação e continuar até ao próximo obstáculo:
“**Permissão e condições**” pague ao banco 1000€
“**Permissão**” pague ao banco 2000€
“**Condições**” pague ao banco 2000€

Fosso de processamento

Apenas os processos seguintes lhe permitem ultrapassar este obstáculo e passar à próxima etapa do jogo:
“**Líquido**” pague ao banco 1000€ pelos custos de processamento
Ou
“**Teor de alimento**” pague ao banco 1000€ pelos custos de processamento
Ou
“**Filtrado esterilizado**” pague ao banco 1000€ pelos custos de processamento

Informação sobre a Utilização

A informação que se segue é necessária para a segunda parte do Jogo das Enzimas, onde a enzima deve ser usada eficientemente. Será fundamental obter o substrato mais adequado e seleccionar as condições óptimas de temperatura e pH para essa enzima.

Muro de substrato enzimático

Neste obstáculo terá de comprar o substrato adequado para a sua enzima:
“**Lactose**” pague ao banco 1000€ pelo substrato
Ou
“**Substrato joker**” pague ao banco 2000€ pelo substrato.

Barreira de pH

Nesta barreira só poderá avançar se obtiver os valores de pH recomendados para a sua enzima. Em alternativa, poderá avançar no jogo com um valor de pH próximo mas, neste caso, terá de pagar ao banco uma determinada quantia por uso ineficiente e economicamente baixo. Em vez de pagar ao banco pode optar por esperar na barreira pela próxima jogada e por um valor de pH mais adequado:
“**pH 6,0 e 7,0**” recomendado para a sua enzima.
Prossiga o jogo.
“**pH 8,0**” a enzima ainda funciona mas não tão eficientemente; pague ao banco 500€

Fosso de temperatura

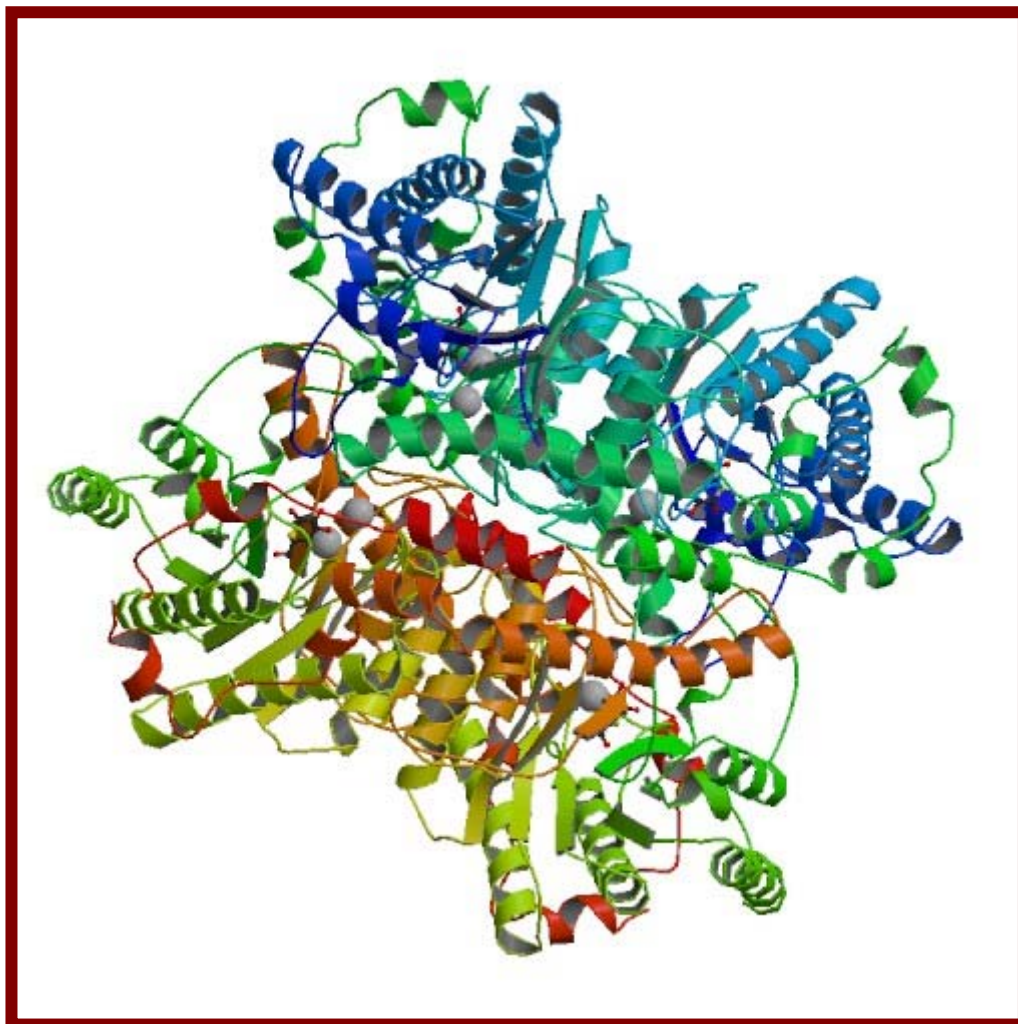
Neste obstáculo, o valor a obter determina a temperatura óptima de actuação da sua enzima. Se o valor obtido estiver entre uma das seguintes opções, poderá avançar no jogo. Se o valor obtido não for nenhum dos recomendados terá de esperar pela próxima jogada e tentar de novo ou pagar a multa indicada:
“**40°C**” temperatura recomendada, prossiga o jogo.
“**50°C**” temperatura de funcionamento menos eficiente, já que a enzima não é estável a esta temperatura, pague ao banco 1000€
“**20°C e 30°C**” temperaturas mais económicas porque a enzima está estável mas não tão activa, pague ao banco 500€

Barreira de aplicação

A última barreira considera as possíveis aplicações industriais da sua enzima. Algumas enzimas são muito específicas para uma determinada indústria, já que realizam uma tarefa muito específica enquanto que outras enzimas são usadas por várias indústrias:
“**Indústria de laticínios**” usada para adoçar produtos lácteos e torna o leite mais agradável para pessoas intolerantes à lactose, receba do banco 1000€
“**Indústria Joker**” prossiga no jogo.

Microorganismo: *Streptomyces murinus*

Enzima produzida: SWEETZYME® (glicose isomerase)



Estrutura proteica da enzima Sweetzyme®
(imagem obtida em www.rcsb.org consultado pela última vez em 03/05/08)

A enzima converte glicose em frutose, um açúcar mais doce

A Sweetzyme® é uma isomerase que converte glicose em frutose. A enzima é imobilizada numa matriz de modo a poder ser utilizada num processo contínuo. Este produto foi desenvolvido para converter xaropes de glicose, obtidos pela enzima que hidrolisa o amido, em xaropes de frutose que podem ser usados na indústria alimentar. A frutose é um açúcar mais doce do que a glicose; desta forma os xaropes de frutose têm mais vantagens como um adoçantes do que apenas a glicose.

Informação sobre a Produção e Utilização da Sweetzyme[®]T, uma glicose isomerase imobilizada

Informação sobre a Produção

Receba do banco 9500€

A informação que se segue é necessária para o sucesso na produção da enzima e será necessária para jogar o jogo. São dadas indicações para: a cultura microbiológica adequada à produção enzimática, a permissão para o crescimento do microorganismo, as condições adequadas ao sucesso na produção da enzima e finalmente no processamento, de forma a que a enzima seja um produto comercialmente sólido e eficiente.

Barreira de cultura

Apenas as culturas seguintes lhe permitem ultrapassar a barreira e prosseguir até ao próximo obstáculo:
“**Bactérias**” pague ao banco 1000€ para instalar a cultura
“**Micróbios**” pague ao banco 2000€ para instalar a cultura

Muro de fermentação

Apenas as seguintes opções lhe permitem passar o muro de fermentação e continuar até ao próximo obstáculo:
“**Permissão e condições**” pague ao banco 1000€
“**Permissão**” pague ao banco 2000€
“**Condições**” pague ao banco 2000€

Fosso de processamento

Apenas os processos seguintes lhe permitem ultrapassar este obstáculo e passar à próxima etapa do jogo:
“**Teor de alimento**” pague ao banco 1000€ pelos custos de processamento
Ou
“**Imobilizado**” pague ao banco 1000€ pelos custos de processamento

Informação sobre a Utilização

A informação que se segue é necessária para a segunda parte do Jogo das Enzimas, onde a enzima deve ser usada eficientemente. Será fundamental obter o substrato mais adequado e seleccionar as condições óptimas de temperatura e pH para essa enzima.

Muro de substrato enzimático

Neste obstáculo terá de comprar o substrato adequado para a sua enzima:
“**Glicose**” pague ao banco 1000€ pelo substrato
Ou
“**Substrato joker**” pague ao banco 2000€ pelo substrato.

Barreira de pH

Nesta barreira só poderá avançar se obtiver os valores de pH recomendados para a sua enzima. Em alternativa, poderá avançar no jogo com um valor de pH próximo mas, neste caso, terá de pagar ao banco uma determinada quantia por uso ineficiente e economicamente baixo. Em vez de pagar ao banco pode optar por esperar na barreira pela próxima jogada e por um valor de pH mais adequado:
“**pH 7,0 e 8,0**” recomendado para a sua enzima.
Prossiga o jogo.
“**pH 9,0**” a enzima ainda funciona mas está tão estável; pague ao banco 1000€

Fosso de temperatura

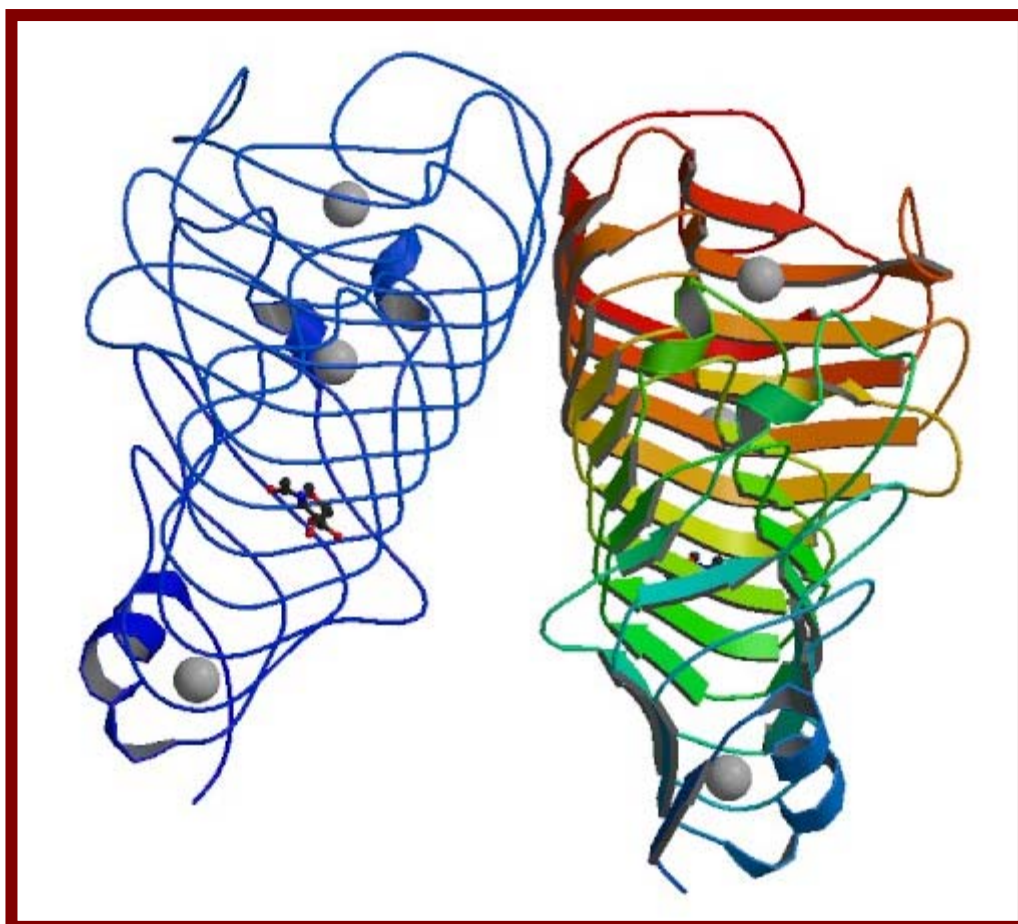
Neste obstáculo, o valor a obter determina a temperatura óptima de actuação da sua enzima. Se o valor obtido estiver entre uma das seguintes opções, poderá avançar no jogo. Se o valor obtido não for nenhum dos recomendados terá de esperar pela próxima jogada e tentar de novo ou pagar a multa indicada:
“**60°C**” temperatura recomendada, prossiga o jogo.
“**70°C**” a enzima está mais activa mas esta temperatura afecta adversamente a estabilidade da enzima, pague ao banco 500€
“**80°C e 90°C**” a enzima está muito activa mas pouco estável a estas temperaturas daí não durar muito, pague ao banco 1000€

Barreira de aplicação

A última barreira considera as possíveis aplicações industriais da sua enzima. Algumas enzimas são muito específicas para uma determinada indústria, já que realizam uma tarefa muito específica enquanto que outras enzimas são usadas por várias indústrias:
“**Indústria de açúcar**” usada para sacarificação (quebra) do amido, receba do banco 2000€
“**Indústria Joker**” prossiga no jogo.

Microorganismo: *Aspergillus aculeatus*

Enzima produzida: PECTINEX[®] (pectinase)



Estrutura proteica da enzima Pectinase
(imagem obtida em www.rcsb.org consultado pela última vez em 03/05/08)

As pectinases são usadas pela indústria de sumos e transformação de frutas para extracção do sumo da polpa da fruta

A Pectinex[®] é uma preparação enzimática produzida a partir de uma estirpe do fungo *Aspergillus aculeatus*. A preparação contém uma enzima pectolítica (que quebra a pectina e uma gama de hemicelulases que desintegram as paredes celulares das plantas. É utilizada comercialmente para o tratamento de polpa de frutas e purés de vegetais onde aumenta a quantidade de suco obtido do material vegetal.

Informação sobre a Produção e Utilização da Pectinex® T Ultra SP-L, uma enzima pectolítica

Informação sobre a Produção

Receba do banco 10000€

A informação que se segue é necessária para o sucesso na produção da enzima e será necessária para jogar o jogo. São dadas indicações para: a cultura microbiológica adequada à produção enzimática, a permissão para o crescimento do microorganismo, as condições adequadas ao sucesso na produção da enzima e finalmente no processamento, de forma a que a enzima seja um produto comercialmente sólido e eficiente.

Barreira de cultura

Apenas as culturas seguintes lhe permitem ultrapassar a barreira e prosseguir até ao próximo obstáculo:
“**Fungos**” pague ao banco 1000€ para instalar a cultura
“**Micróbios**” pague ao banco 2000€ para instalar a cultura

Muro de fermentação

Apenas as seguintes opções lhe permitem passar o muro de fermentação e continuar até ao próximo obstáculo:
“**Permissão e condições**” pague ao banco 1000€
“**Permissão**” pague ao banco 2000€
“**Condições**” pague ao banco 2000€

Fosso de processamento

Apenas os processos seguintes lhe permitem ultrapassar este obstáculo e passar à próxima etapa do jogo:
“**Líquido**” pague ao banco 1000€ pelos custos de processamento
Ou
“**Teor de alimento**” pague ao banco 2000€ pelos custos de processamento
“**Purificado**” pague ao banco 2000€ pelos custos de processamento

Informação sobre a Utilização

A informação que se segue é necessária para a segunda parte do Jogo das Enzimas, onde a enzima deve ser usada eficientemente. Será fundamental obter o substrato mais adequado e seleccionar as condições óptimas de temperatura e pH para essa enzima.

Muro de substrato enzimático

Neste obstáculo terá de comprar o substrato adequado para a sua enzima:
“**Pectina**” pague ao banco 1000€ pelo substrato
Ou
“**Substrato joker**” pague ao banco 2000€ pelo substrato.

Barreira de pH

Nesta barreira só poderá avançar se obtiver os valores de pH recomendados para a sua enzima. Em alternativa, poderá avançar no jogo com um valor de pH próximo mas, neste caso, terá de pagar ao banco uma determinada quantia por uso ineficiente e economicamente baixo. Em vez de pagar ao banco pode optar por esperar na barreira pela próxima jogada e por um valor de pH mais adequado:
“**pH 4,0 e 5,0**” recomendado para a sua enzima.
Prossiga o jogo.
“**pH 3,0**” pH ineficiente. Pague ao banco 500€

Fosso de temperatura

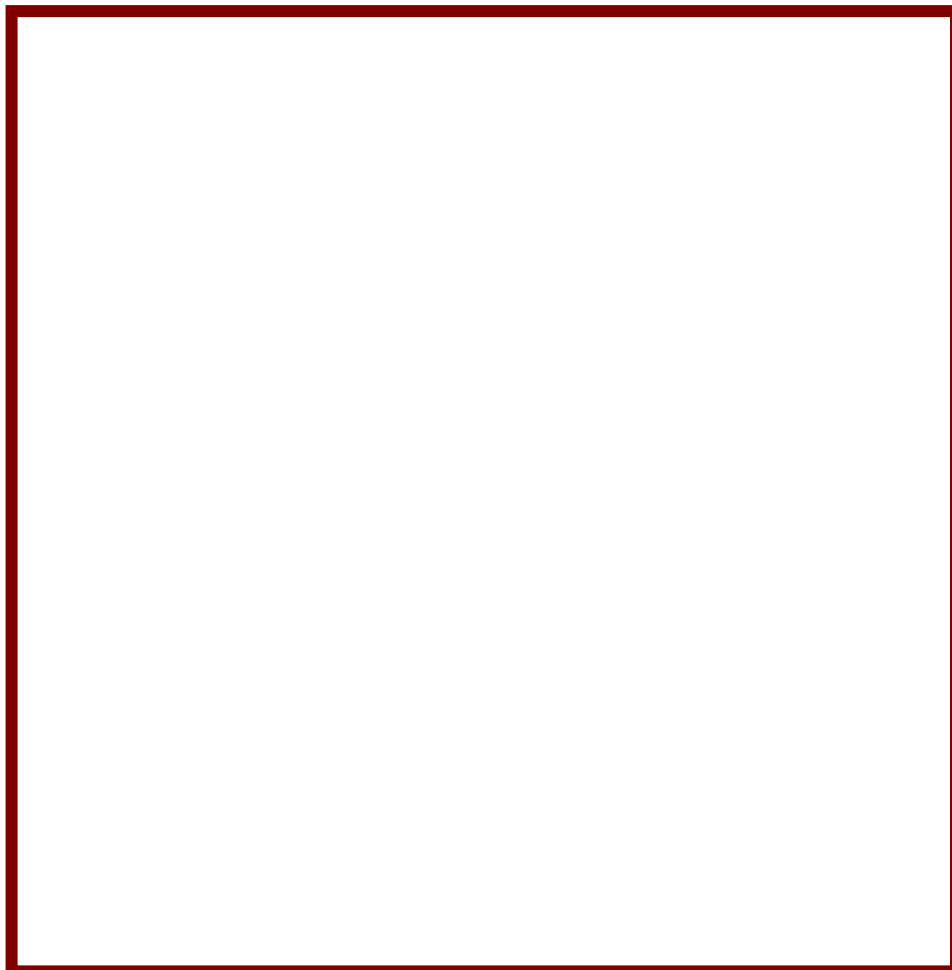
Neste obstáculo, o valor a obter determina a temperatura óptima de actuação da sua enzima. Se o valor obtido estiver entre uma das seguintes opções, poderá avançar no jogo. Se o valor obtido não for nenhum dos recomendados terá de esperar pela próxima jogada e tentar de novo ou pagar a multa indicada:
“**30°C ou 40°C**” temperatura recomendada, prossiga o jogo.
“**20°C**” temperatura pouco económica, pague ao banco 500€
“**50°C**” a enzima é menos estável. O processo é pouco eficiente em termos energéticos, pague ao banco 1000€

Barreira de aplicação

A última barreira considera as possíveis aplicações industriais da sua enzima. Algumas enzimas são muito específicas para uma determinada indústria, já que realizam uma tarefa muito específica enquanto que outras enzimas são usadas por várias indústrias:
“**Indústria de transformação de frutas**” usada para produção de sumos, receba do banco 1500€
“**Indústria Joker**” prossiga no jogo.

Microorganismo: *Trichoderma reesi*

Enzima produzida: CELLUCLAST® (Celulase)



**Não foi encontrada imagem da estrutura proteica da enzima Celluclast®
(imagem procurada em www.rcsb.org consultado pela última vez em 08/05/08)**

A indústria usa esta enzima para reduzir a viscosidade de extractos de plantas e onde a celulose tem de ser quebrada.

A Celluclast® é uma preparação celular produzida a partir da fermentação do fungo *Trichoderma reesi*. A enzima quebra a celulose em moléculas de glicose, celobiose (dissacarídeo) e polímeros de glicose. A enzima actua nos substratos celulósicos reduzindo a sua viscosidade. É utilizada nas indústrias onde o material celulósico tem de ser quebrado em açúcares fermentáveis; onde é necessária uma redução da viscosidade e um aumento dos produtos extraídos a partir de matéria vegetal. É muitas vezes usada juntamente com outras enzimas obtendo-se um efeito sinérgico

.Informação sobre a Produção e Utilização da Celluclast® Ultra SP-L, uma enzima pectolítica

Informação sobre a Produção

Receba do banco 8500€

A informação que se segue é necessária para o sucesso na produção da enzima e será necessária para jogar o jogo. São dadas indicações para: a cultura microbiológica adequada à produção enzimática, a permissão para o crescimento do microorganismo, as condições adequadas ao sucesso na produção da enzima e finalmente no processamento, de forma a que a enzima seja um produto comercialmente sólido e eficiente.

Barreira de cultura

Apenas as culturas seguintes lhe permitem ultrapassar a barreira e prosseguir até ao próximo obstáculo:
“**Fungos**” pague ao banco 1000€ para instalar a cultura
“**Micróbios**” pague ao banco 2000€ para instalar a cultura

Muro de fermentação

Apenas as seguintes opções lhe permitem passar o muro de fermentação e continuar até ao próximo obstáculo:
“**Permissão e condições**” pague ao banco 1000€
“**Permissão**” pague ao banco 2000€
“**Condições**” pague ao banco 2000€

Fosso de processamento

Apenas os processos seguintes lhe permitem ultrapassar este obstáculo e passar à próxima etapa do jogo:
“**Líquido**” pague ao banco 1000€ pelos custos de processamento

Informação sobre a Utilização

A informação que se segue é necessária para a segunda parte do Jogo das Enzimas, onde a enzima deve ser usada eficientemente. Será fundamental obter o substrato mais adequado e seleccionar as condições óptimas de temperatura e pH para essa enzima.

Muro de substrato enzimático

Neste obstáculo terá de comprar o substrato adequado para a sua enzima:
“**Celulose**” pague ao banco 500€ pelo substrato
Ou
“**Substrato joker**” pague ao banco 2000€ pelo substrato.

Barreira de pH


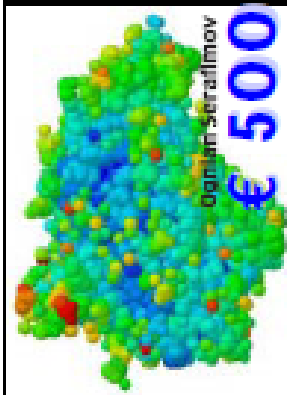
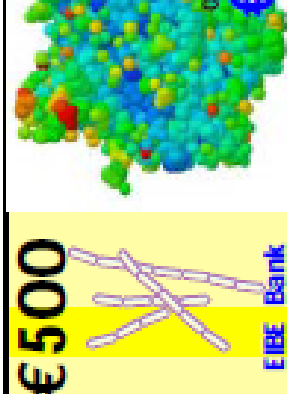
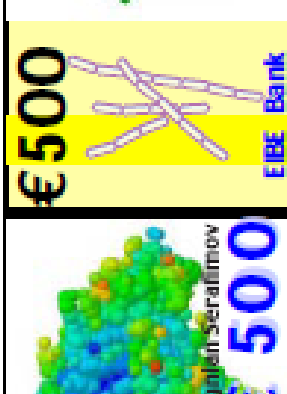

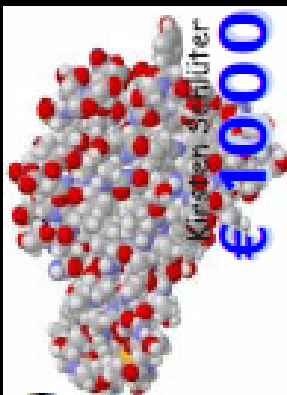
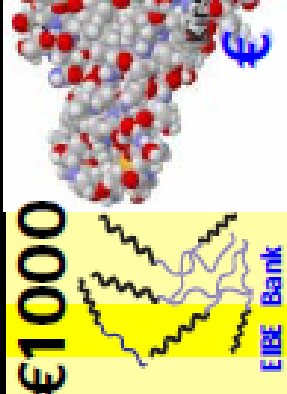
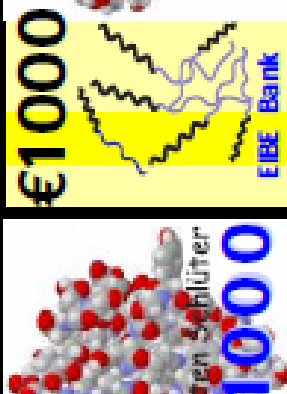


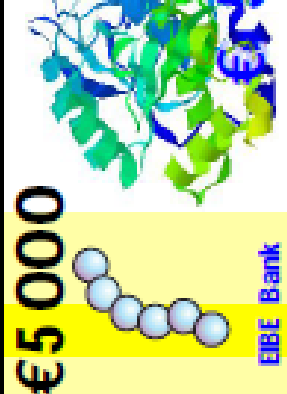
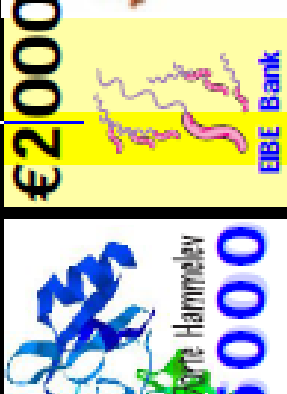

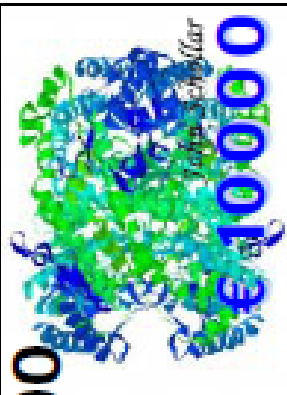
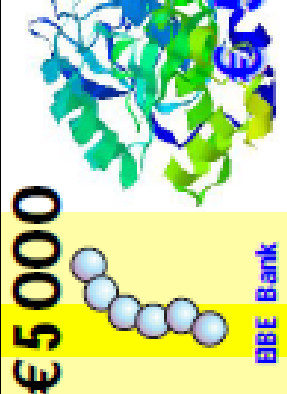
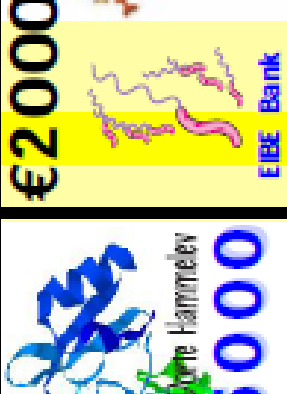
Nesta barreira só poderá avançar se obtiver os valores de pH recomendados para a sua enzima. Em alternativa, poderá avançar no jogo com um valor de pH próximo mas, neste caso, terá de pagar ao banco uma determinada quantia por uso ineficiente e economicamente baixo. Em vez de pagar ao banco pode optar por esperar na barreira pela próxima jogada e por um valor de pH mais adequado:
“**pH 5,0**” recomendado para a sua enzima. Prossiga o jogo.
“**pH 4,0 e 6,0**” pH ineficiente. Pague ao banco 500€

Fosso de temperatura

Neste obstáculo, o valor a obter determina a temperatura óptima de actuação da sua enzima. Se o valor obtido estiver entre uma das seguintes opções, poderá avançar no jogo. Se o valor obtido não for nenhum dos recomendados terá de esperar pela próxima jogada e tentar de novo ou pagar a multa indicada:
“**40°C**” temperatura recomendada, prossiga o jogo.
“**30°C**” temperatura pouco económica. A enzima está estável mas não funciona eficientemente, pague ao banco 500€
“**50°C**” a enzima é menos estável. O processo é pouco eficiente em termos energéticos, pague ao banco 500€

Barreira de aplicação

A última barreira considera as possíveis aplicações industriais da sua enzima. Algumas enzimas são muito específicas para uma determinada indústria, já que realizam uma tarefa muito específica enquanto que outras enzimas são usadas por várias indústrias:
“**Indústria da cerveja**” usada para redução da viscosidade de extractos vegetais, receba do banco 1000€
“**Indústria Joker**” prossiga no jogo.

 <p>€500</p> <p>EIBE Bank</p>	 <p>Donat Serafimov</p> <p>€500</p>	 <p>Donat Serafimov</p> <p>€500</p>	 <p>Donat Serafimov</p> <p>€500</p>
 <p>€1000</p> <p>EIBE Bank</p>	 <p>Kirsten Schlüter</p> <p>€1000</p>	 <p>Kirsten Schlüter</p> <p>€1000</p>	 <p>Kirsten Schlüter</p> <p>€1000</p>
 <p>€10000</p> <p>EIBE Bank</p>	 <p>Yoon Seok-Gar</p> <p>€10000</p>	 <p>Yoon Seok-Gar</p> <p>€5000</p>	 <p>Yoon Seok-Gar</p> <p>€2000</p>
 <p>€10000</p> <p>EIBE Bank</p>	 <p>Yoon Seok-Gar</p> <p>€10000</p>	 <p>Yoon Seok-Gar</p> <p>€5000</p>	 <p>Yoon Seok-Gar</p> <p>€2000</p>

ANEXO 2:

FICHAS E GRELHAS DE AVALIAÇÃO

	Página
Ficha de avaliação diagnóstica	LXVII
Ficha de avaliação sumativa 1	LXXI
Ficha de avaliação sumativa 2	LXXVII
Ficha de avaliação sumativa 3	LXXXIII
Grelha de auto-avaliação de competências aplicadas ao trabalho laboratorial	XCI
Questionário de avaliação da disciplina	XCIII
Questionário de auto-avaliação	XCVII

Nome _____

Ano Lectivo ____ / ____ Turma ____ Nº ____

Observações da Professora _____

Leia, com atenção, as seguintes questões e responda de forma objectiva.

1. Embora os povos primitivos não conhecessem os princípios biológicos inerentes à produção de muitos dos seus alimentos, foram capazes de produzir novos alimentos e conservar outros, contribuindo de forma inegável para o sucesso evolutivo da nossa espécie.

1.1. Explique de forma sucinta os processos de fabricação do:

- a) queijo; b) pão; c) vinho.

1.2. Nos processos anteriores ocorreram fenómenos de:

- a) fotossíntese. b) respiração. c) fermentação. d) fotólise.

Selecione a(s) opção(ões) correcta(s).

1.3. Neste processo houve intervenção de:

- a) bactérias. b) enzimas. c) apenas produtos químicos.
d) todas as opções anteriores. e) nenhuma das opções anteriores.

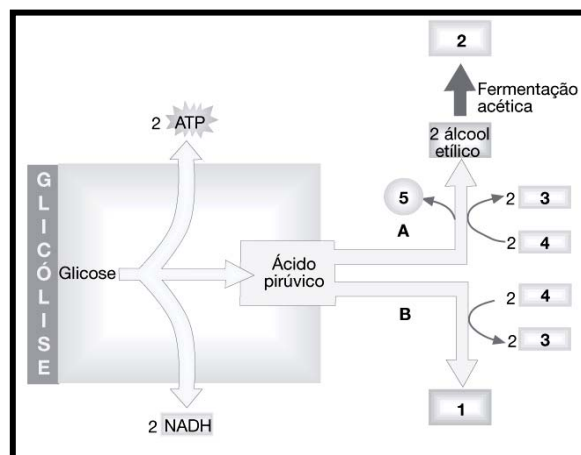
Selecione a(s) opção(ões) correcta(s).

2. Observe a figura que se segue.

2.1. Identifique o processo que está representado na figura 1.

2.2. Complete a legenda.

2.3. Identifique uma possível aplicação deste processo na obtenção de alimentos.



3. As afirmações que se seguem dizem respeito às enzimas. Classifique-as de verdadeiras (V) ou falsas (F).

- a) As enzimas diminuem a energia de activação.
- b) As enzimas são consideradas bioconsumidores.
- c) Na presença da enzima específica para que a reacção ocorra é necessário um maior dispêndio de energia.
- d) As enzimas não são específicas, podendo ligar-se a inúmeros substratos.
- e) As enzimas gastam-se durante a sua actividade.
- f) A região da enzima a que os substratos se ligam designa-se por centro activo.
- g) A estrutura molecular não determina a função da enzima.
- h) Os factores que influenciam a actividade enzimática são exclusivamente a temperatura e a concentração de substrato.
- i) A elevadas temperaturas as enzimas desnaturam, enquanto que a temperaturas baixas ficam inibidas.

3.1. Corrija as afirmações que considerou falsas.

4. Explique em que consiste uma “via metabólica”.

5. Efectue a correspondência entre a coluna I e a coluna II, onde constam, respectivamente, os processos de conservação dos alimentos e a sua breve descrição.

Coluna I	Coluna II
a) Liofilização	1. Permite conservar muitos alimentos, destacando-se a carne e o peixe; ocorre inibição do crescimento da maioria das bactérias, existindo, todavia, algumas espécies capazes de resistirem e sobreviverem.
b) Pasteurização	2. A seca dos alimentos, um processo actualmente praticado para muitos alimentos como peixes e carnes fumadas, evita que sejam alvo de contaminação por organismos invasores.
c) Salga	3. A adição de ácidos, como o vinagre ou ácido cítrico diminui o pH e limita o crescimento das bactérias e dos fungos.
d) Desidratação	4. Para além de promover a desidratação, o alimento contacta com uma variedade de compostos, como o dióxido de carbono, que inibem o crescimento microbiano.
	5. A conservação nos frigoríficos por

e) Produção de pickles	curtos períodos de tempo, a temperaturas entre os 0 e os 7 °C.
f) Refrigeração	6. O alimento é desidratado e posteriormente congelado.
g) Fumagem	7. O alimento, geralmente líquido, é aquecido a temperaturas suficientes para destruir a maioria das bactérias (mas nem todas), inactivando certas enzimas sem modificar significativamente o paladar.

6. Um rótulo fornece informações importantes, entre as quais a presença de aditivos.

6.1. Refira o papel dos aditivos na indústria alimentar.

7. A evolução tecnológica revolucionou as práticas agrícolas.

7.1. Apresente as principais alterações e consequências deste facto.

7.2. Comente a seguinte afirmação: “As práticas agrícolas estenderam-se aos laboratórios”.

8. Explique a forma como a biotecnologia pode desempenhar um papel fundamental na minimização do problema da fome.

9. Para que as produções de alimentos, nomeadamente de cereais, não sejam atacadas por pragas, que procedimentos considera mais adequados?

- a) Usar pesticidas.
- b) Conhecer o ciclo de vida das pragas.
- c) Identificar os possíveis predadores naturais da praga.
- d) Pulverizar cuidadosamente as plantas com insecticidas de toxicidade elevada.
- e) Recorrer ao pesticida com o maior espectro de acção e a persistência mais elevada.

Seleccione a(s) opção(ões) correcta(s).

9.1. Justifique.



Biologia 12º Ano

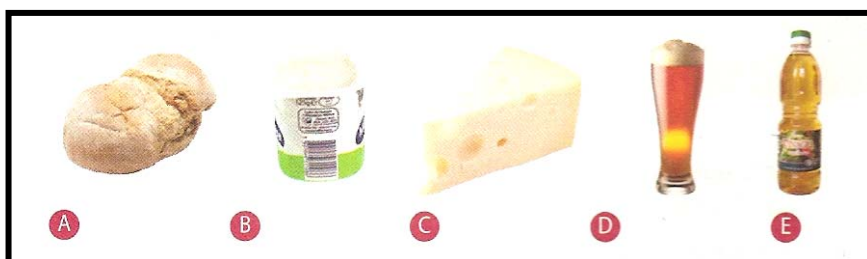
Ano Lectivo 2007/08

Ficha de Avaliação de Conhecimentos

Data: 08/04/08

"A nossa saúde começa pela boca."

1. Embora os povos primitivos não conhecessem os princípios biológicos inerentes à produção de muitos dos seus alimentos, foram capazes de produzir novos alimentos e conservar outros, contribuindo de forma inegável para o sucesso evolutivo da nossa espécie.



- 1.1. Para cada um dos alimentos indique:

- 1.1.1. o tipo de fermentação que está na sua origem.
- 1.1.2. a substância que é o substrato da fermentação.
- 1.1.3. a substância que se deseja obter pela fermentação.

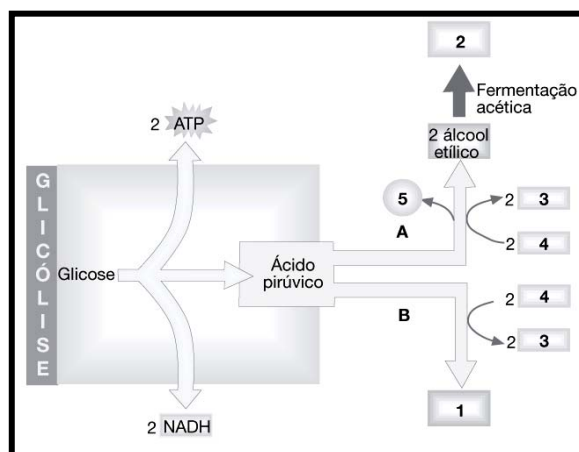
- 1.2. Os alimentos B e D são fermentados... (Seleccione a opção correcta)

- a) ambos por leveduras.
- b) ambos por bactérias.
- c) por bactérias e leveduras, respectivamente.
- d) por leveduras e bactérias, respectivamente.

2. Observe a figura que se segue.

- 2.1. Identifique o processo que está representado na figura 1.

- 2.2. Complete a legenda.



3. As afirmações que se seguem dizem respeito às enzimas. Classifique-as de verdadeiras (V) ou falsas (F).

- a) As enzimas diminuem a energia de activação.
- b) As enzimas são consideradas bioconsumidores.
- c) Na presença da enzima específica para que a reacção ocorra é necessário um maior dispêndio de energia.
- d) As enzimas não são específicas, podendo ligar-se a inúmeros substratos.
- e) As enzimas gastam-se durante a sua actividade.
- f) A região da enzima a que os substratos se ligam designa-se por centro activo.
- g) A estrutura molecular não determina a função da enzima.
- h) Os factores que influenciam a actividade enzimática são exclusivamente a temperatura e a concentração de substrato.
- i) A elevadas temperaturas as enzimas desnaturam, enquanto que a temperaturas baixas ficam inibidas.

3.1. Corrija as afirmações que considerou falsas.

4. Explique em que consiste uma "via metabólica".

5. Nos seres humanos, a digestão dos alimentos é levada a cabo por uma variedade de enzimas que actua sobre os diferentes nutrientes.

5.1 As enzimas envolvidas na digestão catalisam reacções químicas de catabolismo ou de anabolismo? Justifique a sua resposta.

5.2. A actividade da amilase salivar sobre o bolo alimentar cessa quando este chega ao estômago. Explique por que razão isso se verifica.

5.3. Explique por que razão a ingestão de uma bebida muito gelada após a refeição pode levar a uma paragem digestiva.

5.4. A lactose é um dissacarídeo presente no leite e é hidrolizado pela enzima lactase no intestino. Em certas pessoas, a ingestão de leite provoca dores abdominais intensas e diarreia, situação que é conhecida como intolerância à lactose e que se deve à falta da enzima lactase. No entanto, outros dissacarídeos, como a sacarose e a maltose, são bem tolerados. Classifique as enzimas que catalizam a digestão dos dissacarídeos quanto à sua especificidade e justifique a sua resposta.

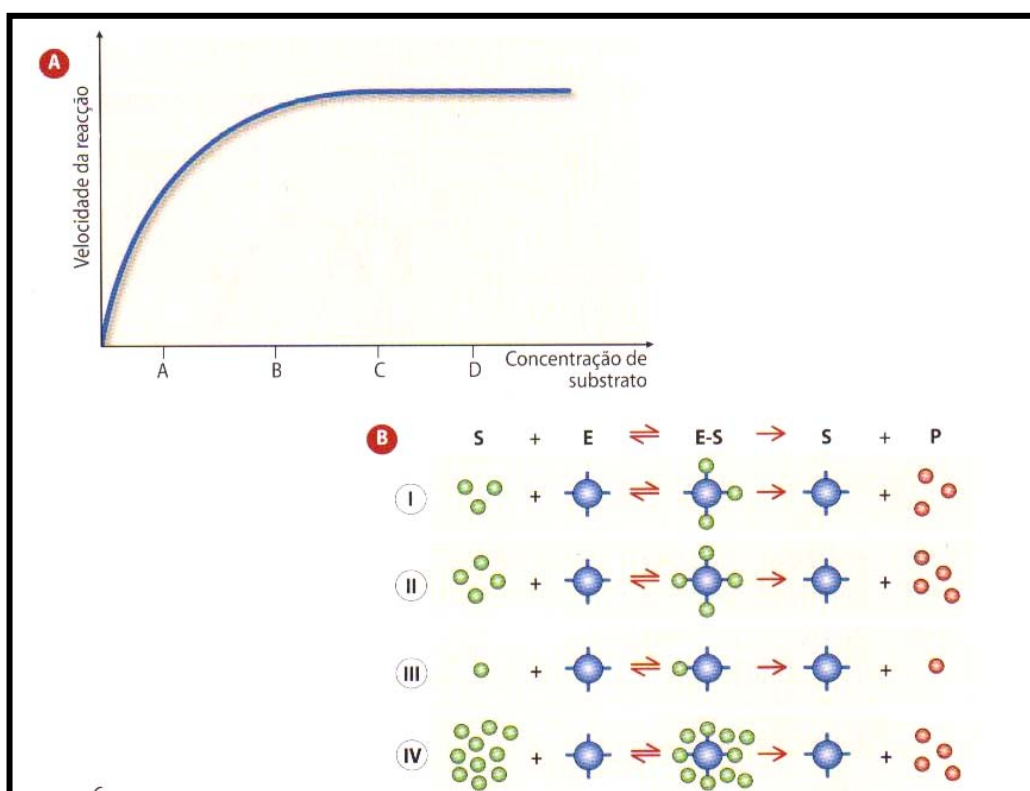
6. Actualmente utiliza-se uma técnica laboratorial que permite multiplicar, inúmeras vezes, uma molécula de DNA. Esta técnica, denominada PCR (reacção em cadeia da polimerase), recorre à DNA polimerase, enzima responsável pela síntese de novas cadeias de DNA, e a um ciclo de temperaturas (alguns minutos a 94°C, alguns minutos a 60°C e, finalmente, alguns minutos a 72°C), repetidos continuamente.

Quando se começou a utilizar esta técnica, era necessário introduzir uma nova quantidade de DNA polimerase no final de cada ciclo.

6.1. Apresente uma explicação para o facto de ser necessário introduzir uma nova quantidade de enzima no final de cada ciclo.

7. O **gráfico A** representa a variação da velocidade de uma reacção catalisada por uma enzima quando se faz variar a concentração do substrato, mantendo constantes as outras condições.

O **esquema B** representa quatro situações referentes a diferentes concentrações de substrato. A enzima em questão apresenta quatro centros activos, isto é, pode ligar-se a quatro moléculas de substrato de uma só vez.

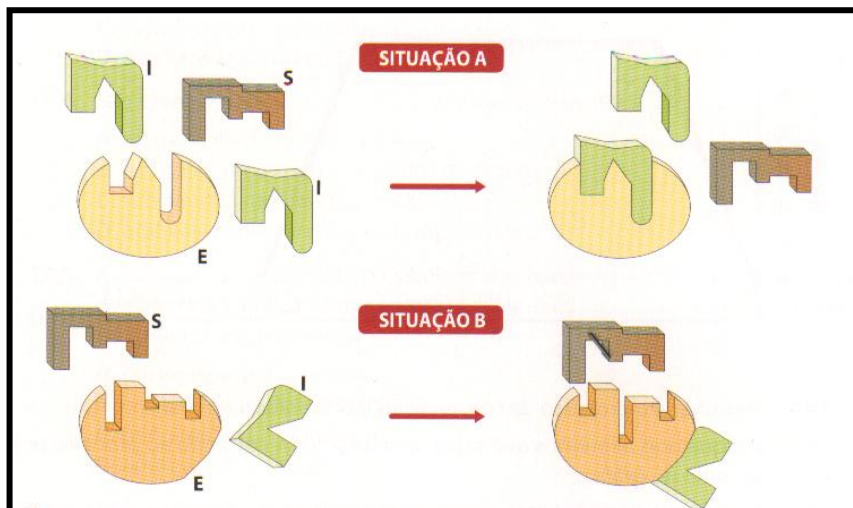


7.1. Faça corresponder cada uma das letras do gráfico à respectiva situação do esquema B.

7.2. Indique qual a concentração de substrato a que corresponde o ponto de saturação enzimática.

7.3. Explique a variação da velocidade da reacção entre os pontos A e C do gráfico.

8. A figura seguinte representa dois tipos de inibição enzimática:



- 8.1. Justifique a designação de inibição competitiva para a situação A.
- 8.2. Explique como actua o inibidor na situação B.
- 8.3. Refira o que ocorreria se na situação A a concentração do substrato fosse muito superior à do inibidor. **Justifique** a sua resposta.
- 8.4. Refira o que ocorreria se a concentração do inibidor na situação B fosse muito inferior à do substrato. **Justifique** a sua resposta.

9. No ser humano, a digestão dos alimentos inclui transformações químicas levadas a cabo por várias enzimas, entre as quais a ptialina e a pepsina. O quadro seguinte ilustra os resultados de uma experiência sobre o papel das enzimas na digestão. A albumina é uma proteína existente em grande quantidade na clara de ovo.

Tubo	Conteúdo	Condições de incubação	Pesquisa de amido	Pesquisa de proteínas
1	Cozimento de amido + ptialina	37°C; 30 min	Negativo	_____
2	Cozimento de amido + ptialina+ HCl	37°C; 30 min	Positivo	_____
3	Cozimento de amido + pepsina	37°C; 30 min	Positivo	_____
4	Cozimento de amido + pepsina + HCl	37°C; 30 min	Positivo	_____
5	Solução de albumina + ptialina	37°C; 30 min	_____	Positivo
6	Solução de albumina + ptialina + HCl	37°C; 30 min	_____	Positivo
7	Solução de albumina + pepsina	37°C; 30 min	_____	Positivo
8	Solução de albumina + pepsina + HCl	37°C; 30 min	_____	Negativo

- 9.3. Explique por que razão a temperatura escolhida para a incubação dos tubos foi 37°C.
- 9.4. Interprete o resultado negativo para a pesquisa de proteínas no tubo 8.
- 9.5. Explique a razão da diferença de resultados entre os tubos 1 e 2.
- 9.6. Justifique a especificidade de acção das enzimas com base nos resultados da experiência.

Cotações

1.1.1	1.1.2	1.1.3	1.2	2.1	2.2	3.	3.1	4.	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	7.1	7.2	7.3	8.1	8.2	8.3	8.4
10	10	10	5	4	7	9	9	8	6	8	8	8	10	8	6	8	6	8	8	8

9.1	9.2	9.3	9.4	Total
8	10	10	8	200

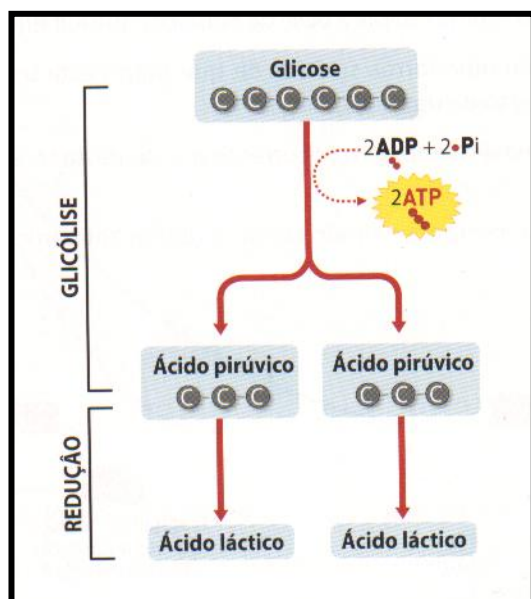


Biologia 12º Ano Ano Lectivo 2007/08

Ficha de Avaliação de Conhecimentos

Data: 15/05/08

1. A figura 1 representa um tipo de fermentação.



- 1.1. Identifique o tipo de fermentação representado na figura.
- 1.2. Indique os produtos deste tipo de fermentação.
- 1.3. Refira dois exemplos de produções industriais que utilizem este processo de fermentação.
- 1.4. Compare o processo de fermentação representado com o outro tipo de fermentação que estudou e indique duas diferenças entre eles.

2. *Saccharomyces cerevisiae* é uma levedura utilizada na produção de cerveja.
- 2.1. Indique qual é o processo realizado pela levedura que é útil para a produção de cerveja.
 - 2.2. Tendo em conta os produtos deste processo, indique o gás que está presente na cerveja.
 - 2.3. Mencione dois exemplos de produtos alimentares obtidos através deste tipo de fermentação, além da cerveja.
3. Nos sistemas biológicos, é frequente ocorrer o controlo de uma via metabólica pelo produto final, que funciona como inibidor alostérico de uma das enzimas intervenientes nessa via. Neste caso, quando aumenta a concentração do produto final...
- A. ... aumenta a actividade da enzima regulada.
 - B. ... o substrato e o produto final competem pelo centro activo da enzima.
 - C. ... a conformação do centro activo da enzima é alterada.
 - D. ... o complexo enzima-substrato não se dissocia.
- (Transcreva a opção correcta.)

4. Analise os documentos 1 e 2. Responda, depois, às questões de 4.1 a 4.7.

Documento 1

O pão é o alimento resultante da cozedura de massa de farinha levedada por *Saccharomyces cerevisiae*, frequentemente designada por levedura de padeiro. A levedura fermenta a glicose que resulta da hidrólise do amido pelas enzimas existentes no gérmen do cereal. Estas enzimas são libertadas para a farinha no processo de moagem e são activadas pelo humedecimento. Quando se pretende amaciar o pão, costuma adicionar-se sacarose à farinha, na preparação da massa; embora a levedura não seja capaz de fermentar a sacarose, possui a capacidade de a hidrolisar, através da sua enzima invertase (sacarase), nos seus monossacáridos constituintes - glicose e frutose. A glicose é fermentada de imediato e a frutose é fermentada posteriormente.

Documento 2

Com o objectivo de estudar o processo de fabrico do pão, foi realizada a seguinte experiência:

1. Duas porções de 10 g de fermento de padeiro (**I** e **II**), que se encontravam no frigorífico a 4°C, foram submetidas às seguintes condições:

Porção I 30 minutos no congelador (-15 °C) + 2 horas à temperatura ambiente (20 °C)

Porção II 30 minutos no frigorífico (4 °C) + 2 horas à temperatura ambiente (20 °C)

2. Em quatro gobelés (**A** a **D**), colocaram-se 25 g de farinha de trigo e 20 mL de água.
3. Ao conteúdo de cada um dos gobelés, foi adicionada uma porção de 2 g de fermento, conforme o indicado no quadro.
4. Ao conteúdo do gobelé **D**, adicionaram-se 5 g de sacarose.
5. Misturou-se bem o conteúdo em cada gobelé de forma a obter uma massa homogénea.
6. Mediu-se, aproximadamente, o volume da massa e cobriu-se cada gobelé com película aderente.
7. Os gobelés **A**, **B** e **D** foram colocados na estufa, a 30 °C, e o gobelé **C** no frigorífico, a 4 °C.
8. Decorridos 30 minutos, procedeu-se a nova medição aproximada do volume da massa e calculou-se a variação percentual do mesmo.

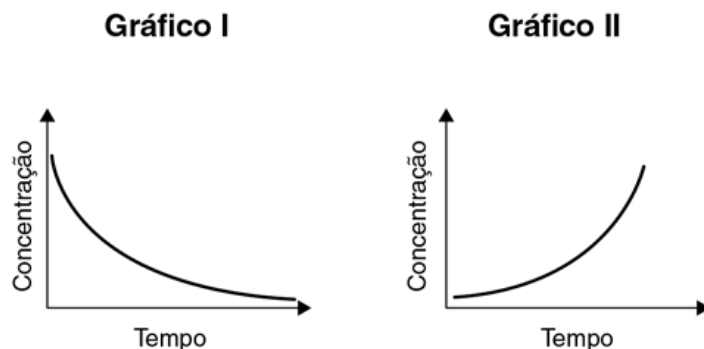
Gobelé	Fermento utilizado	Condições experimentais	Variação do volume ao fim de 30 minutos (%)
A	Porção I	30°C	?
B	Porção II	30°C	65
C	Porção II	4°C	12
D	Porção II	30°C	?

4.1. Seleccione a alternativa que permite preencher os espaços, de modo a obter uma afirmação correcta.

No processo de fabrico do pão, a massa fica lêveda em consequência da produção de _____, o que provoca a diminuição _____.

- (A) etanol [...] do seu volume
(B) dióxido de carbono [...] do seu volume
(C) etanol [...] da sua densidade
(D) dióxido de carbono [...] da sua densidade

4.2. Os gráficos **I** e **II** representam a variação da concentração de duas substâncias ao longo do tempo.



Selecione a alternativa que completa correctamente a afirmação seguinte.

Considerando isoladamente a reacção catalisada pela invertase, os gráficos **I** e **II** representam, respectivamente, a variação da concentração de...

- (A) ... sacarose e invertase.
- (B) ... glicose e invertase.
- (C) ... sacarose e frutose.
- (D) ... glicose e frutose.

4.3. Identifique duas variáveis em estudo na actividade experimental descrita no documento 2.

4.4. Indique qual o gobelé que constitui o dispositivo de controlo da experiência descrita no documento 2.

4.5. Selecione a alternativa que permite preencher os espaços, de modo a obter uma afirmação correcta.

Tomando como referência o resultado obtido no gobelé **B**, é de prever que no gobelé **A** o aumento de volume da massa tenha sido _____, enquanto no gobelé **D** esse aumento deve ter sido _____.

- (A) nulo [...] superior
- (B) semelhante [...] superior
- (C) nulo [...] semelhante
- (D) semelhante [...] semelhante

4.6. Explique o resultado obtido no gobelé **C**.

4.7. O fermento de padeiro é conservado normalmente no frigorífico. Para além deste, existem outros processos de conservação dos alimentos.

Faça corresponder a cada uma das letras de **A** a **D**, que se referem a fundamentos biológicos subjacentes a métodos de conservação de alimentos, o número (de **I** a **VII**) da chave que assinala o respectivo método de conservação.

Afirmações

A - Processo térmico que visa diminuir a actividade metabólica dos microrganismos sem os destruir e sem desidratar o alimento.

B - Processo que visa impedir a actividade microbiana, através da desidratação, no vácuo, de alimentos previamente congelados.

C - Processo térmico que provoca desnaturação de enzimas bacterianas, causando a destruição da maior parte dos microrganismos.

D - Adição de substâncias que visam a remoção de água, por efeito osmótico, diminuindo a actividade metabólica dos microrganismos.

Chave

I - fumagem

V - irradiação

II - criopreservação

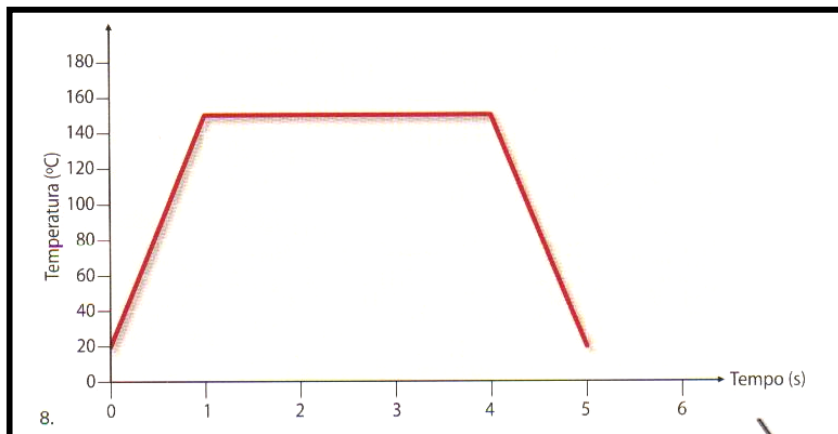
VI - liofilização

III - secagem

VII - salga

IV - pasteurização

5. Observe o gráfico seguinte que representa um método de conservação utilizado em alguns alimentos.

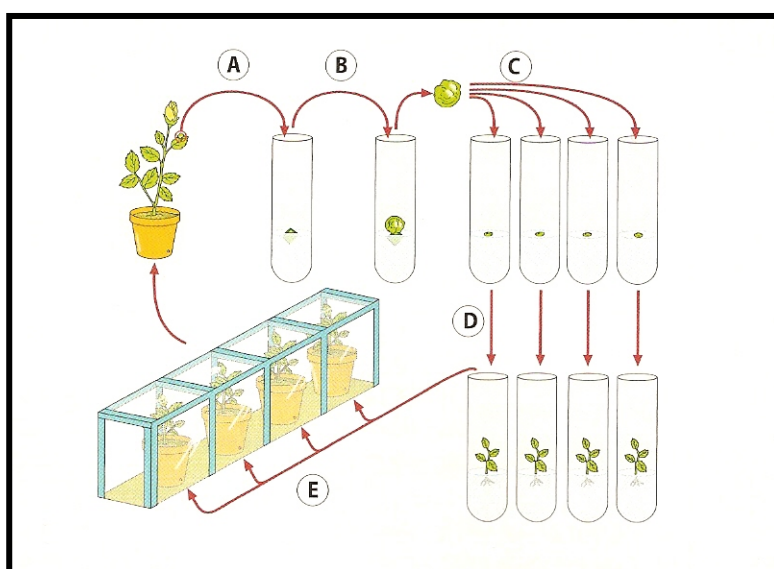


- 5.1. Identifique o processo de conservação representado no gráfico.
- 5.2. Indique dois alimentos que sejam conservados recorrendo ao processo representado no gráfico.
- 5.3. Explique de que modo este processo conserva os alimentos em que é aplicado.

6. Classifique como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmações:

- A. Uma planta híbrida é uma planta transgénica.
- B. Os alimentos transgénicos são prejudiciais para a saúde, uma vez que possuem muitas substâncias químicas cancerígenas.
- C. As plantas transgénicas são, normalmente, desenvolvidas para serem mais produtivas que as plantas não manipuladas.
- D. Sabe-se, actualmente, que os transgénicos não são prejudiciais para os ecossistemas em que são introduzidos.
- E. Um organismo transgénico possui DNA exógeno.
- F. Existem ainda muitos países que não autorizam o cultivo de alimentos transgénicos.
- G. Portugal é um dos maiores produtores de milho transgénico do mundo.
- H. OS Estados Unidos da América são o principal produtor de alimentos transgénicos.

7. Comente a seguinte afirmação: "A Biotecnologia tem um papel fundamental na minimização do problema da fome."
8. Para além da agricultura, também a pecuária, com a sua intensificação, tem provocado sérias perturbações no equilíbrio dos ecossistemas.
- 8.1. Refira três situações em que tal se verifica.
9. Os tratamentos hormonais utilizados na produção animal podem trazer alguns riscos para a saúde pública.
- 9.1. Dê um exemplo de problema de saúde que se pensa associar-se a essas práticas.
10. Observe a figura seguinte, que representa uma técnica de obtenção de plantas ornamentais.



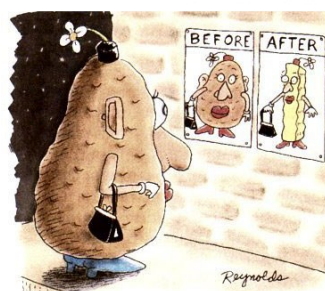
- 10.1. Identifique a técnica representada.
- 10.2. Compare, geneticamente, as plantas obtidas por esta técnica com a planta original.
- 10.3. Descreva, sucintamente, os passos da técnica assinalados com as letras.
- 10.4. Mencione as vantagens que esta técnica apresenta quando comparada com métodos de selecção mais tradicionais.

Cotações

1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	5.1	5.2	5.3	6.	7.	8.1
4	6	8	10	8	6	8	6	8	8	8	6	8	10	8	6	8	10	8	8	9

9.1	10.1	10.2	10.3	10.4	Total
6	6	8	10	8	200

Porque sonha uma batata em ser frita...





Biologia 12º Ano

Ano Lectivo 2007/08

Ficha de Avaliação de Conhecimentos

Data: 02/06/08

"Isto sabemos. Tudo está ligado, como o sangue que une uma família. Tudo está ligado. Tudo o que acontece à terra acontecerá aos filhos da terra. O homem não teceu a rede da vida, ele é só um dos seus fios. Aquilo que ele fizer à rede da vida ele o faz a si próprio."

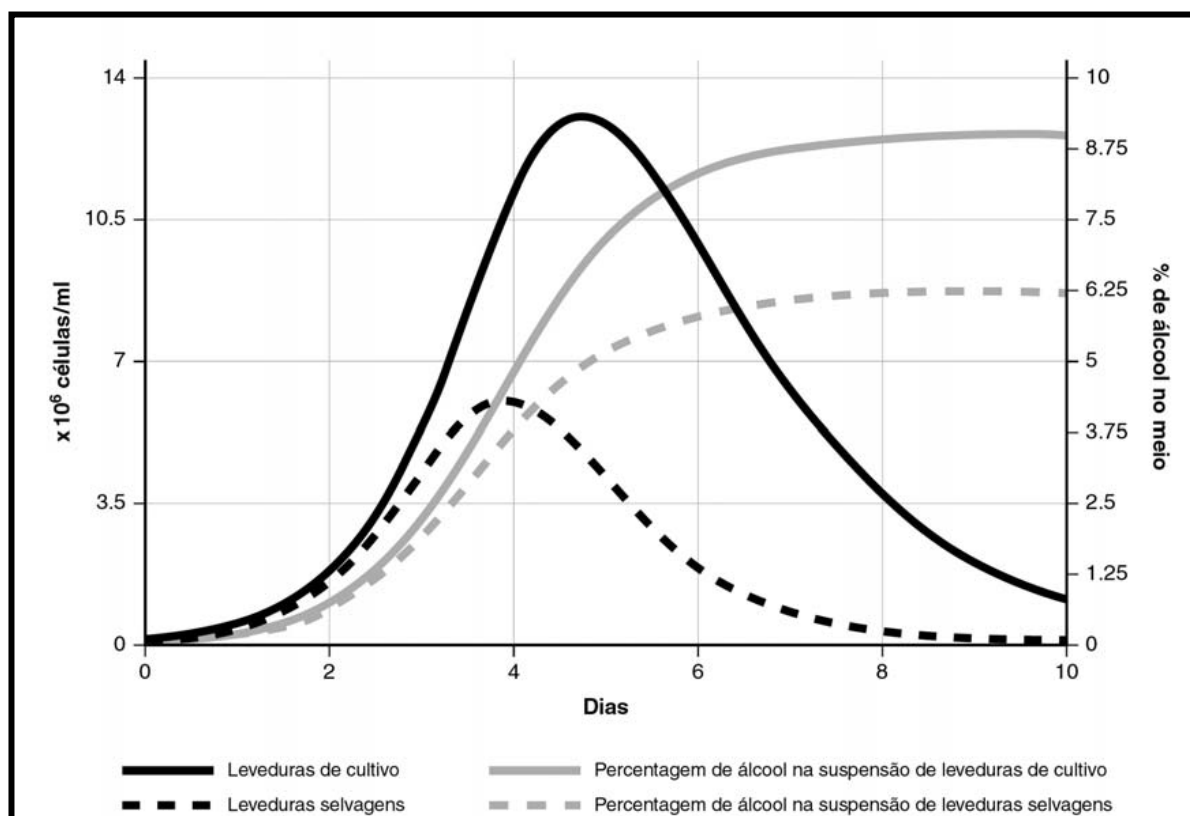
Adaptado do texto "O Chefe índio"

I

1. O vinho resulta da fermentação do sumo de uvas devido à acção de leveduras. Ao longo do processo, o teor em álcool vai aumentando até atingir níveis tóxicos para as leveduras, o que determina a sua morte e a cessação da fermentação.

Realizou-se uma experiência com o objectivo de identificar diferenças entre a fermentação realizada por leveduras de estirpes selvagens (que aparecem naturalmente na casca das uvas) e a fermentação realizada por leveduras de cultivo.

Adicionou-se a duas soluções de glicose, de igual volume e concentração, igual número de leveduras selvagens e de leveduras de cultivo. As duas suspensões assim obtidas foram colocadas em cubas de fermentação separadas e fechadas. A fermentação decorreu, em ambas as cubas, durante dez dias, ao longo dos quais se retiraram, diariamente, amostras. Os resultados das análises às amostras estão representados no gráfico da figura 1.



1.1. Classifique como verdadeira (V) ou falsa (F) cada uma das seguintes afirmações, relativas aos resultados experimentais representados na figura 1.

- A - A quantidade de glicose inicial limitou o crescimento das leveduras selvagens.
- B - A taxa de fermentação alcoólica foi maior na cuba das leveduras de cultivo.
- C - As leveduras selvagens são menos resistentes ao etanol que as de cultivo.
- D - As leveduras selvagens originam vinhos com maior teor alcoólico que as de cultivo.
- E - As leveduras são afectadas pela concentração de etanol no meio.
- F - Meios de cultura com 2,5% de álcool são tóxicos para as leveduras de cultivo.
- G - Em meios com 7,5% de álcool, o número de leveduras de cultivo está em declínio.
- H - A disponibilidade inicial de glicose condicionou diferentes taxas de produção de álcool.

1.2. Selecciona a alternativa que permite preencher os espaços e obter afirmações correctas.

É plausível que a remoção do álcool acumulado durante os primeiros cinco dias da cultura com leveduras selvagens _____ o crescimento da população, pois o meio _____.

- (A) afecte [...] tem falta de oxigénio
- (B) afecte [...] torna-se menos tóxico
- (C) não afecte [...] tem falta de oxigénio
- (D) não afecte [...] torna-se menos tóxico

1.3. Ao fim dos dez dias, o líquido formado na cuba que continha as leveduras selvagens foi deixado em contacto com o ar. Ao analisar posteriormente o conteúdo dessa cuba, constatou-se que tinha azedado, devido à acumulação de ácido láctico.

Selecciona a alternativa que completa correctamente a afirmação seguinte.

Esta observação permite concluir que...

- (A) ... a glicose presente na suspensão inicial de leveduras selvagens não foi totalmente consumida.
- (B) ... o factor responsável pela acumulação de ácido láctico na cuba analisada foi o oxigénio.
- (C) ... a diminuição da população de leveduras selvagens, que ocorreu entre o quinto e o décimo dias, deveu-se à acção de bactérias.
- (D) ... a diminuição de pH associada à formação de ácido láctico é responsável pela diminuição das leveduras selvagens até ao décimo dia.

1.4. O etanol é tóxico para as células humanas. O metabolismo de bebidas alcoólicas é assegurado pela enzima álcool-desidrogenase, que oxida o etanol, dando origem a acetaldeído. Esta enzima pode também oxidar o metanol (outro álcool), originando formaldeído, substância esta altamente tóxica, que causa danos ao nível do sistema nervoso e de outros órgãos.

1.4.1. Selecciona a alternativa que permite preencher os espaços e obter afirmações correctas.

A álcool-desidrogenase apresenta especificidade _____, dado que _____ participar na formação de diferentes complexos enzima-substrato.

- (A) relativa [...] pode
- (B) relativa [...] não pode
- (C) absoluta [...] pode
- (D) absoluta [...] não pode

1.4.2. Um método possível de tratamento de intoxicações por metanol consiste em administrar à vítima doses relativamente elevadas de etanol.

Analise as formulações que se seguem, relativas a acontecimentos que impedem a síntese de formaldeído.

Reconstitua a sequência temporal dos acontecimentos mencionados, segundo uma relação de causa-efeito, colocando por ordem as letras que os identificam.

A - Saturação da álcool-desidrogenase pelo etanol.

B - Bloqueio da oxidação enzimática do metanol.

C - Aumento da probabilidade de ligação do etanol à enzima.

D - Aumento da concentração de etanol no organismo.

E - Inibição da formação do complexo constituído pela álcool-desidrogenase e pelo metanol.

2. Imagine que pretende testar a seguinte hipótese:

"A tripsina é uma enzima que no intestino só actua em meio básico."

2.1.Elabore um protocolo experimental (indicando o material e o procedimento) que permita testar esta hipótese.

3. Classifique como verdadeira (**V**) ou falsa (**F**) cada uma das seguintes afirmações, relativas a processos de conservação de alimentos.

A - A conservação de alimentos em vinagre diminui a actividade de algumas enzimas bacterianas.

B - A conservação de alimentos numa solução concentrada de açúcar provoca a perda de água pelas células microbianas.

C - O processo de refrigeração visa destruir os microrganismos existentes nos alimentos.

D - Os métodos de conservação pelo frio preservam a maior parte dos nutrientes nos alimentos.

E - A esterilização é um processo que visa interromper, reversivelmente, a actividade microbiana.

F - A pasteurização é um método térmico de conservação dos alimentos.

G - Os métodos de conservação têm como principal objectivo melhorar propriedades como o sabor e o cheiro.

H - O processo de liofilização consiste em submeter os alimentos a radiações ionizantes.

4. Refira duas áreas de aplicação das enzimas (processos enzimáticos).

II

1. Os pesticidas não actuam apenas sobre o alvo que justifica a sua utilização, mas também, directa ou indirectamente, sobre outros seres vivos do ecossistema.

O quadro regista a persistência de alguns insecticidas interditos actualmente na Europa, mas utilizados ainda em países em vias de desenvolvimento.

Insecticida	Persistência no solo
Aldrina	40% após 14 anos
	28% após 15 anos
Dieldrina	31% após 15 anos
DDT	39% após 17 anos

- 1.1. Diga o que entende por **persistência** de um insecticida.
- 1.2. Dê uma explicação para a interdição, na Europa, do uso dos pesticidas referidos no quadro.
- 1.3. Explique qual é o perigo, para as comunidades dos ecossistemas, da utilização de pesticidas de grande persistência.
- 1.4. Apesar de a utilização dos pesticidas referido estar proibida na Europa, os europeus não estão livres da sua acção. Que explicação dá para esta situação?

2. O exemplo seguinte ilustra uma alternativa aos biocidas no controlo de pragas.

A mosca-da-azeitona é um insecto que pode constituir uma praga nos olivais, causando prejuízos significativos. Alguns olivicultores utilizam armadilhas, contendo feromonas femininas dessa espécie.

2.1. Explique de que modo este procedimento pode contribuir para controlar a praga de mosca-da-azeitona.

3. Quando uma determinada massa de água pobre é enriquecida em nutrientes, há toda uma série de alterações que ocorrerão.

3.1. Para cada uma das situações indicadas, refira-se à **variação das concentrações de oxigénio** com o passar do tempo de:

- a. aumento de nutrientes e consequente aumento da população de fitoplâncton;
- b. aumento das populações de organismos decompositores no fundo do lago.

3.2. Distinga eutrofização natural de eutrofização cultural.

3.3. Coloque por ordem as letras de **A** a **E**, que se referem a etapas do processo de eutrofização, de modo a reconstituir a sequência dos acontecimentos, estabelecida de acordo com uma relação de causa-efeito.

A - Diminuição da biodiversidade.

B - Aumento da produtividade primária.

C - Carência de oxigénio.

D - Enriquecimento da água em substâncias azotadas.

E - Asfixia da maior parte dos animais aquáticos.

4. Para evitar a contaminação dos rios por águas residuais, foram concebidas e construídas Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR).

4.1. Explique, em traços gerais, qual é o objectivo dessas estações.

4.2. Os tratamentos dentro de uma ETAR seguem diferentes processos. A cada uma das situações apresentadas faça corresponder o devido tratamento:

Coluna A	Coluna B
Tratamento	Situações
1. Preliminar	I. Separação biológica dos nutrientes, com o objectivo de eliminar o material inorgânico dissolvido.
2. Primário	II. Tratamento biológico, com eliminação da matéria orgânica dissolvida e em estado coloidal.
3. Secundário	III. Os efluentes, agora com menor conteúdo em biomassa, são transferidos do tanque de arejamento para que os microrganismos sedimentem.
4. Terciário	IV. Depois de passarem pelos crivos, os efluentes são conduzidos para um tanque de sedimentação de sólidos.
5. Quaternário	V. Partículas de matéria orgânica depositam-se no fundo e são retiradas, bem como os materiais gordurosos que flutuam.
	VI. Eliminação de resíduos e de corpos sólidos.
	VII. Desinfecção com cloro, ozono ou raios ultravioleta.

4.3. Que produtos resultantes do funcionamento destas estações constituem mais valias ambientais?

5. No Outono de 1985, alguns meteorologistas ingleses da Antártida detectaram a presença de um adelgaçamento da camada de ozono sob o pólo sul.

5.1. Por que nome é vulgarmente conhecido esse adelgaçamento na camada de ozono?

5.2. Indique os factores que têm contribuído para este fenómeno.

5.3. Refira a importância do ozono atmosférico para os seres vivos em geral.

6. Relativamente à poluição atmosférica, assinale as afirmações verdadeiras (V) e as falsas (F):
1. A principal causa de nevoeiro fotoquímico (smog) é a combustão de combustíveis fósseis em veículos e na indústria.
 2. O CO é um metal tóxico.
 3. O dióxido de enxofre e os óxidos de azoto podem provocar chuva ácida.
 4. O CH₄ é um dos principais gases com efeito de estufa.
 5. Os CFC destroem o ozono porque contêm flúor.
 6. O O₂ é um dos gases que resulta da combustão de combustíveis fósseis.

6.1. Corrija as afirmações que considerou falsas na questão anterior.

7. A cada um dos conjuntos de afirmações que se seguem, faça corresponder uma letra da chave.

Chave:

- A - A afirmação I é verdadeira e a II é falsa.
- B - A afirmação I é falsa e a II é verdadeira.
- C - Ambas as afirmações são verdadeiras.
- D - Ambas as afirmações são falsas.

7.1. I - As chuvas ácidas são provocadas por poluentes lançados nos rios.

II - O aquecimento global é causado pelo aumento da produção de gases com efeito de estufa.

7.2. I - O armazenamento de combustíveis em depósitos em mau estado provoca a contaminação do solo envolvente.

II - A poluição das águas põe em risco a existência de água potável.

7.3. I - As florestas tropicais constituem os mais ricos ecossistemas terrestres.

II - As florestas constituem o mesmo tipo de habitat qualquer que seja a sua localização na Terra.

7.4. I - Na estratosfera existe uma zona rica em ozono que protege os seres vivos dos efeitos destruidores das radiações ultravioletas.

II - A utilização de CFC é responsável pela destruição do ozono da estratosfera.

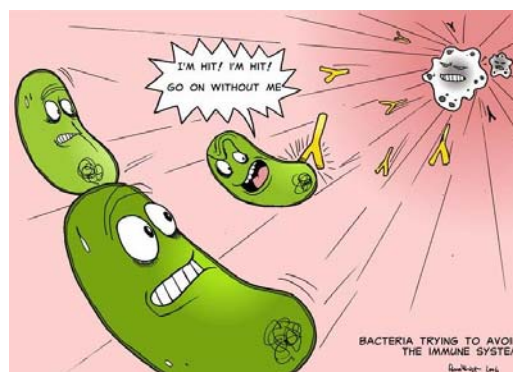
7.5. I - Os incêndios das florestas permitem o aumento da quantidade de oxigénio na atmosfera.

II - O ozono da estratosfera tem origem na poluição do ar.

8. Selecciona a alternativa que completa correctamente a afirmação seguinte.

As dioxinas e alguns metais pesados são dos poluentes mais perigosos, pois a sua concentração aumenta ao longo da cadeia alimentar. Este fenómeno é designado por...

- (A) ... eutrofização.
- (B) ... contaminação.
- (C) ... bioampliação.
- (D) ... sinergismo.



Cotações

II.1	1.2	1.3	1.4.1	1.4.2	2.1	3.	4.	III.1	1.2	1.3	1.4	2.1	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2
12	6	6	6	8	15	12	8	6	6	6	6	8	8	6	8	6	7	6	6	6

5.3	6.	6.1	7.	8.	Total
6	9	6	15	6	200



ESCOLA SECUNDÁRIA COM 3º CICLO DE BOMBARRAL
ANO LECTIVO 2007/2008

Grelha de auto-avaliação de competências aplicadas ao trabalho laboratorial

Nas próximas semanas vais realizar uma série de actividades laboratoriais sobre o Tema: Processos Fermentativos e Actividade Enzimática. Para melhor compreender o contributo que essas actividades vão ter nas tuas aprendizagens, peço-te que preenchas todos os itens da grelha abaixo, o mais honestamente possível. Os itens sombreados não devem ser preenchidos, já que se subdividem em vários sub-itens.

Obrigada pela tua colaboração!

Itens a utilizar:

N – nunca

R – raramente

Av – algumas vezes

F – frequentemente

S – sempre

Nome: _____ Nº: _____ Turma: 12ºA Data: __/__/__

CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIAS E INDICADORES	N	R	Av	F	S
1 – Capacidade de formulação de problemas/questões orientadoras					
1.1. Tenho curiosidade sobre as questões em estudo.					
1.2. Questiono o que não compreendo.					
1.3. Construo os problemas em forma de questão.					
1.4. Formulo problemas/ questões orientadoras pertinentes:					
1.4.1. Adequo os problemas aos conteúdos					
1.4.2. Sugiro questões estimulantes					
2 – Elaboração de previsões					
2.1. Apresento previsões como resposta ao problema.					
2.2. Utilizo os saberes de forma integrada.					
3 – Realização de pesquisas diversas					
3.1. Recorro a diferentes fontes para aceder à informação.					
3.2. Demonstro persistência na busca de informação.					
3.3. Selecciono informação útil.					
3.4. Organizo a informação de forma coerente.					
3.5. Apresento oralmente o resultado da pesquisa efectuada de forma estruturada ao grupo turma.					
4 – Construção e execução de procedimentos					
4.1. Defino percursos metodológicos consentâneos com as previsões efectuadas.					
4.2. Elaboro procedimento laboratorial adequado ao:					
4.2.1. Conteúdo					
4.2.2. Material disponível					
4.2.3. Espaço existente					
4.2.4. Tempo previsto.					

4.3. Executo com rigor o procedimento elaborado.					
4.4. Demonstro ao executar:					
4.4.1. Correcto manuseamento do material					
4.4.2. Domínio de técnicas laboratoriais implícitas					
4.4.3. Organização eficaz dos registos a efectuar.					
5 – Recolha, análise e interpretação de dados					
5.1. Procedo à recolha de dados de forma rigorosa					
5.2. Sistematizo os dados de forma significativa.					
6 – Análise exaustiva dos dados					
6.1. Elaboro um juízo baseado na interpretação dos dados					
6.2. Faço uma apreciação crítica acerca dos dados obtidos					
6.3. Discuto a relevância dos dados em relação à problemática inicial					
6.4. Identifico novas questões/ situações problemáticas.					
7 – Elaboração de relatório final em formato de V de Gowin simplificado					
7.1. Organizo a informação recolhida fazendo-a corresponder aos “sectores” do V de Gowin simplificado					
7.2. Utilizo linguagem científica apropriada					
7.3. Apresento o relatório no prazo previsto					
8 – Discussão do trabalho desenvolvido					
8.1. Apresento o trabalho de forma coerente e estruturada ao grupo turma					
8.2. Emito de forma pertinente e crítica opinião fundamentada.					
9 – Atitude face ao trabalho prático em laboratório					
9.1. Mostro criatividade:					
9.1.1. Apresento sugestões/ explicações inovadoras					
9.1.2. Apresento espontaneamente propostas de resolução do problema					
9.2. Respeito a opinião dos outros					
9.3. Emito opiniões fundamentadas					
9.4. Desenvolvo trabalho autónomo:					
9.4.1. Demonstro iniciativa					
9.4.2. Supero dificuldades encontradas					
9.4.3. Defino tarefas a executar de forma autónoma					
10 – Auto-reflexão acerca do trabalho desenvolvido					
10.1. Forneço evidência para explicar a minha própria evolução					
10.2. Identifico os meus pontos fortes e as minhas limitações					
10.3. Sugiro percursos que me permitem progredir					
11 – Avaliação do trabalho desenvolvido					
11.1. Auto-avalio de forma criteriosa o meu trabalho através do preenchimento da grelha distribuída					

Questionário de avaliação da disciplina

Utilize a escala seguinte para responder às questões de 1 a 5:

Não aplicável	Insuficiente	Suficiente	Bom	Muito Bom
1	2	3	4	5

1. Classifique o funcionamento da disciplina, de um modo global, relativamente a:

	Classificação
Cumprimento dos conteúdos previstos para a disciplina	
Orientação das actividades de ensino/aprendizagem	
Contribuição da disciplina para o desenvolvimento da capacidade intelectual dos alunos, não se restringindo à memorização	
Cumprimento e aproveitamento da carga horária total da disciplina	
Distribuição temporal dos tópicos	
Competências adquiridas	

2. Classifique os recursos de aprendizagem, relativamente à sua contribuição para a aprendizagem dos conceitos/conteúdos propostos:

Recurso	Unidade 1	Unidade 2	Unidade 3	Unidade 4	Unidade 5
Apresentações em power-point					
Outros materiais audiovisuais					
Fichas de trabalho/formativas,					
Materiais de apoio a trabalhos de grupo					
Bibliografia, leituras complementares e sites recomendados					
Disciplina no moodle					

3. Classifique as actividades de aprendizagem, relativamente à sua contribuição para a aprendizagem dos conceitos/conteúdos:

Actividade	Unidade 1	Unidade 2	Unidade 3	Unidade 4	Unidade 5
Exposições teóricas					
Actividades laborat./ experimentais					
Trabalhos pesquisa (aulas com portáteis)					
Trabalhos de grupo					
Outras actividades práticas *					
Avaliação formativa					

4. Classifique o desempenho da professora, relativamente a:

	Classificação
Clareza na exposição dos conteúdos, destacando aspectos importantes da matéria	
Enriquecimento das aulas com pesquisa e material actualizado	
Incentivo à participação dos alunos	
Desenvolvimento das aulas (objectividade, utilização de recursos e procedimentos actualizados)	
Orientação na realização de actividades teóricas/ práticas	
Relacionamento com os alunos	

5. Comentário final

Registe neste espaço, algumas informações que considere úteis para o desempenho da professora e para a preparação da disciplina, e que ainda não tenham sido abordadas neste questionário:

--

NOME: _____

*** A identificação do aluno é opcional**

Anexo: Listagem das Actividades práticas realizadas

Unidade 1:

Exploração do documentário da National Geographic “A vida no ventre – Gémeos, trigémeos e quadrigémeos

Trabalho de pesquisa sobre Métodos Contraceptivos – elaboração de apresentações em power-point

Unidade 2:

Actividade experimental: Estudos de hereditariedade em *Pisum sativa* (ervilha de cheiro)

Exercícios práticos de hereditariedade

Actividade laboratorial: Observação de *Drosophila melanogaster*

Exploração do recurso multimédia Concord Consortium biológica Activity (dragões)

Actividade prática: Mutações – construção de cariótipos normais e aberrantes

Exploração do documentário “Genes, Engenharia genética,”

Utilização de recurso de bioinformática: Teste de paternidade

Visita de estudo ao Biocant Park – actividade experimental – Descobre o criminoso

Trabalho de grupo: construção de um poster sobre OGM e Alimentação, Saúde e Ambiente

Unidade 3:

Actividade laboratorial: observação de estruturas do S. Imunitário: vasos e nódulos linfáticos, esfregaços sanguíneos e agentes patogénicos: bactérias e protozoários

Análise de resultados de análises clínicas

Exploração do recurso multimédia Laboratório de virulogia (CD)

Unidade 4:

Trabalho individual de pesquisa sobre processos fermentativos – exemplos tradicionais

Actividade experimental: Produção de queijo fresco utilizando o cardo

Actividade experimental: Papel das enzimas em alimentos do dia-a-dia

Jogo das enzimas

Visita de estudo à AESBUC – Dias Abertos

Unidade 5:

Visionamento do documentário “Planeta Terra 2007”

Saída de campo: Líquenes como bioindicadores de poluição atmosférica

Cálculo da pegada ecológica

Questionário de auto-avaliação

Utilize a escala seguinte para responder aos itens abaixo relativos ao seu trabalho realizado durante o ano lectivo:

Não aplicável	Insuficiente	Suficiente	Bom	Muito Bom
1	2	3	4	5

	Classificação
Os meus conhecimentos anteriores foram suficientes para acompanhar a disciplina de Biologia	
Estudei e realizei todas as actividades exigidas na disciplina	
Participei activamente nas tarefas da aula	
Cumpri os prazos de entrega de trabalhos	
Fui assíduo às aulas	
Fui pontual às aulas	
Mantive um bom relacionamento com os colegas e a professora	

Considero que mereço _____ valores, pelo trabalho realizado durante o ano lectivo.

NOME: _____

ANEXO 3:
DADOS ESTATÍSTICOS E OUTRAS
INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Tabela 14: Resultados obtidos pelos alunos (em %) nas fichas de avaliação implementadas

Alunos	Ficha de diagnóstico	Ficha sumativa 1	Ficha sumativa 2	Ficha sumativa 3
A	33,6	84,8	96,2	79,5
B	32	50,3	51,9	64,4
C	27,2	52,5	73,3	58,2
D	32	72,5	72,4	71,2
E	41,6	77,3	91,4	93,2
F	39,2	75	92,4	84,2
G	20,8	77,5	81,9	91,8
H	21,6	79,5	90,5	74,7
I	47,2	97	89,5	77,4
J	41,6	64	71,4	81,5
K	24	67,5	95,2	66,4
L	32	78,5	77,1	67,1
M	35,2	81,5	81	56,2
N	25,6	67,5	64,8	50,7
O	28	53,5	61	72,6
P	32,8	44,5	66,7	47,9
Média obtida	32,15	70,2	78,5	71,1
Nº questões	9	25	14	8
Nº questões não respondidas	48	8	1	3